

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Отделение контроля и диагностики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
Разработка мероприятий по повышению безопасности котельного хозяйства УДК 614.8:621.182	

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е61	Понушкова Кристина Александровна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицына Л.Ю.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев М.В.	—		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина А.Н.	К.Х.Н.		

Томск – 2020 г.

Результаты освоения образовательной программы по направлению 20.03.01 Техносферная безопасность

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Общие по направлению подготовки	
P1	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы, применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информационных технологий в развитии современного общества и для ведения практической инновационной инженерной деятельности в области техносферной безопасности
P3	Способность эффективно работать самостоятельно, в качестве члена и руководителя интернационального коллектива при решении междисциплинарных инженерных задач с осознанием необходимости интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования
P4	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.
P5	Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования с целью выбора и оптимизации устройств, систем и методов защиты человека и природной среды от опасностей.
Профиль	
P6	Уметь выбирать, применять, оптимизировать и обслуживать современные системы обеспечения техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов
P7	Уметь организовать деятельность по обеспечению техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов
P8	Уметь оценивать механизм, характер и риск воздействия техносферных опасностей на человека и природную среду
P9	Применять методы и средства мониторинга техносферных опасностей с составлением прогноза возможного развития ситуации

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
20.03.01 Техносферная безопасность
_____ А.Н. Вторушина
04.02.2020 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1Е61	Понушковой Кристине Александровне

Тема работы:

Разработка мероприятий по повышению безопасности котельного хозяйства

Утверждена приказом директора (дата, номер)

28.02.2020 № 59-52/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

08.06.2020 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом исследования является котельное хозяйство кабельного предприятия г. Томска.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Цель работы – предложить мероприятия по повышению безопасности котельного хозяйства. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: 1. Изучить нормативно-правовое регулирование в области промышленной безопасности и реализуемые мероприятия по повышению безопасности опасных производственных объектов;

	<p>2. Провести анализ опасностей котельного хозяйства предприятия, определить возможные чрезвычайные ситуации и причины их возникновения и описать сценарии их развития;</p> <p>3. Рассчитать параметры волны давления, интенсивность теплового излучения при взрыве, безопасные расстояния от источника взрыва;</p> <p>4. Проанализировать существующие мероприятия по обеспечению безопасности в котельном хозяйстве и предложить мероприятия по снижению вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций и снижению тяжести их последствий.</p>
Перечень графического материала	-

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицына Любовь Юрьевна
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	04.02.2020 г.
---	----------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Анищенко Ю.В.	к.т.н.		04.02.2020 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е61	Понушкова Кристина Александровна		04.02.2020 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Уровень образования бакалавриат
Отделение контроля и диагностики
Период выполнения весенний семестр 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2020 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.03.2020 г.	Разработка раздела «Обзор литературы», подбор литературы, проведение теоретических обоснований	20
23.03.2020 г.	Разработка раздела «Объект и методы исследования», рассмотрение методов оценки рисков	10
06.04.2020 г.	Раздел «Практическая часть», возможные аварийные ситуации и их расчет	15
20.04.2020 г.	Раздел «Практическая часть», оценка рисков на основе полученных результатов	15
11.05.2020 г.	Раздел «Практическая часть», предложение инженерно-технических мероприятий	10
25.05.2020 г.	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
08.06.2020 г.	Оформление и представление ВКР	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	к.т.н.		04.02.2020

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина А.Н.	к.х.н.		04.02.2020

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Е61	Понушковой Кристине Александровне

Школа	ИШНКБ	Отделение (НОЦ)	ОКД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

Тема ВКР:

Разработка мероприятий по повышению безопасности котельного хозяйства	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является котельное хозяйство кабельного предприятия г. Томска.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
2. Производственная безопасность:	<p>Произвести анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов, действующих на слесаря по эксплуатации и ремонту газового оборудования при работе котельного хозяйства:</p> <ul style="list-style-type: none"> – повышенная загазованность воздуха рабочей среды; – неблагоприятные условия микроклимата; – повышенный уровень шума; – электроопасность; – движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования; – пожаровзрывоопасность.
3. Экологическая безопасность:	Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов: анализ воздействия объекта на атмосферу, гидросферу и литосферу, решение по обеспечению экологической безопасности.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения. – Выбор наиболее типичной ЧС. – Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС. – Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. – Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	04.02.2020
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Гуляев Милий Всеволодович	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е61	Понушкова Кристина Александровна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1Е61	Понушковой Кристине Александровне

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОКД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет затрат НИИ не более 83 тыс.руб. Оклад руководителя – 30000 руб. Оклад студента – 1988 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премияльный коэффициент руководителя 30%; Доплаты и надбавки руководителя 30%; Коэффициент дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%. Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 3 баллов из 5.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 28%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Построение оценочной карты для сравнения конкурентных разработок.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на НИ: - расчет материальных затрат; - расчет заработной платы (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Сегментирование рынка
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. Матрица SWOT
4. Морфологическая матрица
5. Календарный план-график проведения ВКР по теме
6. График проведения и бюджет НИ
7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	04.02.2020
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Спицына Л.Ю.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е61	Понушкова Кристина Александровна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 97 страниц, 5 рисунков, 38 таблиц, 26 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: опасный производственный объект, газовая котельная, разгерметизация газопровода, анализ мероприятий по повышению безопасности.

Объектом исследования является котельное хозяйство кабельного предприятия города Томска.

Цель работы – предложить мероприятия по повышению безопасности котельного хозяйства.

В процессе исследования проводился анализ возможных потенциальных опасностей котельного хозяйства, которые могут вызвать аварийную ситуацию: разгерметизацию газопровода. На основании анализа были предложены мероприятия по снижению вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций и снижению тяжести их последствий. При разгерметизации газопровода были рассчитаны зоны разрушений, интенсивность теплового излучения по мере удаления от источника.

В результате исследования были предложены мероприятия, направленные на повышение уровня безопасности исследуемого объекта.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ГГ – горючие газы;

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и аппаратура;

ОПО – опасный производственный объект;

ГРП – газораспределительный пункт;

ПЗК – предохранительно-запорный клапан;

ПСК – предохранительно-спускной клапан;

СУГ – сжиженные углеводороды;

ТВС – топливно-воздушная смесь;

НКПР – нижний концентрационный предел распространения пламени;

ПАЗ – противоаварийная защита;

НАСФ – нештатное аварийно-спасательное формирование;

АС – аварийная ситуация;

ЧФ – человеческий фактор;

ГРС – газораспределительная сеть.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	15
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	17
ГЛАВА 2. АНАЛИЗ РИСКА В КОТЕЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ	30
2.1. Описание технологического процесса котельного хозяйства	30
2.2. Анализ опасностей котельного хозяйства.....	33
2.3. Расчет поражающих факторов, возникающих при реализации аварийных ситуаций	37
2.3.1. Разгерметизация газопровода до ГРП и выброс природного газа в атмосферу (сценарий 1)	37
2.3.2. Разгерметизация паропровода (сценарий 6).....	42
ГЛАВА 3. МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ.....	47
3.1. Анализ системы противоаварийной защиты	47
3.2. Мероприятия по снижению риска возникновения разгерметизации трубопроводов	47
3.3. Мероприятия по снижению риска возникновения аварийных ситуаций на газифицированной котельной	51
ГЛАВА 4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	57
4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	57
4.1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	57
4.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны слесаря по эксплуатации и ремонту газового оборудования.....	58
4.2. Производственная безопасность.....	59
4.2.1. Анализ опасных и вредных факторов производственной среды	60
4.2.1.1. Повышенная загазованность воздуха рабочей зоны	60

4.2.1.2. Неблагоприятные условия микроклимата	60
4.2.1.3. Повышенный уровень шума	61
4.2.1.4. Электроопасность.....	61
4.2.2. Анализ опасных факторов.....	62
4.2.3. Обоснование мероприятий по защите работника от действия опасных и вредных факторов	63
4.3. Экологическая безопасность.....	64
4.3.1. Анализ возможного влияния котельного хозяйства на окружающую среду	64
4.3.2. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	64
4.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	65
4.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать газовое хозяйство.....	65
4.4.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	66
ГЛАВА 5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ, РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	70
5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	70
5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	71
5.1.2. Анализ конкурентных технических решений	71
5.1.3. Технология QUAD	72
5.1.4. Swot-анализ.....	74
5.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	75
5.3 . Планирование научно-исследовательских работ	76
5.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	88

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	91
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	93
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	96

ВВЕДЕНИЕ

Промышленное производство является источником потенциальной опасности, но в то же время без него не возможны нормальная жизнедеятельность государства и общества. В силу специфики деятельности необходимо обеспечивать не только безопасность людей, занятых в производственных процессах, но и безопасность самих производственных процессов. Состояние промышленной безопасности опасных производственных объектов влияет и на процесс обеспечения государства всеми видами ресурсов, и на жизнь и здоровье граждан в целом, нормальные условия жизнедеятельности, а также состояние окружающей среды.

По данным Ростехнадзора за 2018 год [1] более половины общего количества поднадзорных опасных производственных объектов (58%) относятся к III классу опасности, то есть к объектам, осуществляющим теплоснабжение населения и социально значимых категорий потребителей, определяемых в соответствии с законодательством Российской Федерации в сфере теплоснабжения.

Анализ состояния аварийности и травматизма при эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением, показывает, что в 2018 году на поднадзорных объектах произошли 3 аварии и 2 групповых несчастных случая. Наблюдается положительная тенденция снижения показателей аварийности и смертельного травматизма на 57 % и 60 %, соответственно.

По данным на 2019 год [1] количество аварий на опасных производственных объектах в целом уменьшилось на 14,3 %, то есть до 150 случаев. Но несмотря на данную положительную тенденцию вероятность возникновения аварийных ситуаций остается достаточно высока, и именно поэтому необходимо не просто констатировать данный факт, а работать в направлении снижения не только вероятности возникновения аварий, но и тяжести негативных последствий в случае их реализации.

Цель данной работы – предложить мероприятия по повышению безопасности котельного хозяйства. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Изучить нормативно-правовое регулирование в области промышленной безопасности и реализуемые мероприятия по повышению безопасности опасных производственных объектов;
2. Провести анализ опасностей котельного хозяйства предприятия, определить возможные чрезвычайные ситуации и причины их возникновения и описать сценарии их развития;
3. Рассчитать параметры волны давления, интенсивность теплового излучения при взрыве, безопасные расстояния от источника взрыва;
4. Проанализировать существующие мероприятия по обеспечению безопасности в котельном хозяйстве и предложить мероприятия по снижению вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций и снижению тяжести их последствий.

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. Котельная как опасный производственный объект

В настоящее время на территории Российской Федерации существует достаточно промышленных предприятий, которые эксплуатируют опасные производственные объекты. Опасными производственными объектами в соответствии с законом № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» являются предприятия или их цехи, участки, площадки, а также иные производственные объекты, указанные в Приложении 1 данного закона [2].

Опасные производственные объекты в зависимости от уровня потенциальной опасности аварий на них для жизненно важных интересов личности и общества подразделяются в соответствии с критериями, указанными в Приложении 2 данного закона, на четыре класса опасности [2].

Присвоение класса опасности опасному производственному объекту осуществляется при его регистрации в государственном реестре.

Одним из таких опасных производственных объектов является котельная установка. Котельная установка – совокупность котла и вспомогательного оборудования, включающего в себя: топливное хозяйство (в газифицированных котельных – систему газоснабжения); дутьевые вентиляторы и воздухопроводы; дымососы, сборные газоходы и дымовую трубу; оборудование водоподготовки; насосы различного назначения; теплообменные аппараты; установки утилизации теплоты отходящих газов; редуционно-охладительные установки; баки различного назначения (питательные, конденсационные, баки-аккумуляторы горячей воды); устройства продувки котлов; системы автоматического регулирования и безопасности сжигания топлива; тепловой щит или пульт управления; трубопроводы и установленную на них арматуру; устройства вентиляции [3].

Для предотвращения аварий необходимо следовать инструкциям изготовителей, а также правилам безопасного использования котельных

установок. Пренебрежение данными нормами может привести как к гибели людей, так и к повреждению оборудования.

Общепринято выделять несколько видов опасностей, возникающих при эксплуатации котельных: опасности, связанные с использованием топлива, опасности, связанные с утечками пара и возникновением взрывов, а также опасности, возникающие при обслуживании оборудования.

Для каждого из видов опасностей, возникающих при эксплуатации котельных, определяют причины возникновения, и разрабатывают профилактические мероприятия.

Возможными причинами аварий являются неудовлетворительная организация проведения обслуживания и ремонта парового котла, которая может привести к включению в работу котла в неработоспособном состоянии, неудовлетворительная организация ремонтных и обслуживающих работ на трубопроводах, а также грубое нарушение требований промышленной безопасности.

Возможными негативными последствиями при реализации опасностей являются взрыв и пожар, материальный ущерб, выход из строя технологического оборудования, а также травмирование и гибель работников.

В таблице 1 представлены опасности, возникающие при использовании в качестве топлива продуктов нефтепереработки.

Таблица 1 – Опасности, возникающие в котельных, при использовании в качестве топлива продуктов нефтепереработки

Вид опасности	Причины возникновения	Профилактические мероприятия
Повышенная температура топлива	Ошибки, связанные с настройкой термостата. Неполадки в работе клапана регулировки подачи пара.	Периодические проверки электронагревательных элементов и контрольных устройств.

Продолжение таблицы 1

	Нарушение работы электронагревательного элемента.	
Пониженная температура топлива	Неисправности в работе нагревательных элементов. Недостаточный температурный контроль. Нестабильная подача пара. Взрыв.	Периодические проверки температуры топлива и нагревательных элементов.
Распыление влажного пара	Недостаточная изоляция паропровода. Неполадки в работе конденсатоуловителей. Повышенная влажность пара в технологическом процессе. Взрыв.	Обеспечение достаточной изоляции паропровода. Проверка работы конденсатоуловителей.
Низкое давление пара	Ошибки, связанные с настройкой регулирующего клапана. Неполадки в работе клапанов линии снабжения. Пониженное давление подачи. Взрыв.	Обеспечение достаточной изоляции паропровода. Проверка работы конденсатоуловителей. Соблюдение норм технологического процесса.
Износ или повреждение распылителя	Износ в ходе эксплуатации. Несоответствующее обслуживание газовой горелки. Взрыв.	Соблюдение норм обслуживания газовой горелки. Замена прокладок при техническом обслуживании.

В таблице 2 представлены опасности, возникающие при использовании в качестве топлива газа. Следует отметить, что при ремонте газопроводов

необходимо обеспечить соответствие процесса специально разработанным методикам.

Таблица 2 – Опасности, возникающие в котельных, при использовании в качестве топлива газа

Вид опасности	Причины возникновения	Профилактические мероприятия
Утечки на линии газопровода	Неправильная сборка соединений. Повышенное давление. Износ прокладок. Повреждение трубопроводов, клапанов и приборов.	Обеспечение достаточной вентиляции. Поддержание исправного состояния трубопроводов, клапанов и приборов. Проверка герметичности и исправного состояния предохранительных устройств перед эксплуатацией.
Повышенное давление газа	Неисправности в работе регулятора давления газа.	Мониторинг работы регуляторов. Периодические проверки работы реле давления. Своевременный ремонт или замена неисправных регуляторов.

Возможными причинами возникновения опасностей, возникающих в котельной при утечке пара, являются повреждение или коррозия труб и составляющих частей. При реализации данной опасности возможным последствием может стать получение тяжелых ожогов работниками. В качестве профилактических мероприятий необходимо обеспечить достаточную изоляцию трубопровода и соединений.

В таблице №3 представлены опасности, возникающие при паровых взрывах.

Таблица 3 – Опасности, возникающие в котельных, при паровых взрывах

Вид опасности	Причины возникновения	Профилактические мероприятия
Низкий уровень воды	Неисправности в работе системы подачи котловой воды. Неисправности в работе датчиков. Ошибки оператора.	Периодические проверки систем подачи воды. Периодические проверки работы датчиков. Соответствующее обучение и проверка знаний работников.
Неисправные предохранительные клапаны	Закупорка клапана. Повреждение или коррозия клапана.	Своевременная замена и ремонт клапана. Периодические проверки
Неисправные датчики давления пара	Ошибки, связанные с настройкой датчиков. Поломка датчиков. Противоречия в показаниях нескольких датчиков.	Периодическая калибровка датчиков. Своевременная замена датчиков. Периодические проверки соединений датчика и трубопровода к котлу.
Коррозия внутренних поверхностей котла	Неправильное обслуживание. Неправильная химическая очистка. Неправильная очистка воды. Недостаточный контроль подачи воды.	Регулярное техническое обслуживание. Периодические проверки. Ведение журнала. Соответствующая обработка котловой воды.
Вмешательство в управление	Отсутствие соответствующей подготовки работников.	Соответствующее обучение и проверка знаний работников.

Продолжение таблицы 3

Отсутствие соответствующего обслуживания	Недостаточная подготовка работников или её отсутствие.	Соответствующее обучение и проверка знаний работников. Ведение журнала технического обслуживания.
Взрыв бака конденсата	Недостаточная вентиляция резервуара. Недостаточный размер вентиляционного отверстия.	Обеспечение соответствующей вентиляции. Достаточный размер вентиляционного отверстия. Устранение недочетов в вентиляционной линии.

В таблице 4 представлены опасности, возникающие при взрывах в топке котла.

Таблица 4 – Опасности, возникающие в котельных, при взрывах в топке котла

Вид опасности	Причины возникновения	Профилактические мероприятия
Задержка зажигания	Пониженное давление топлива. Недостаточный расход топлива. Чрезмерный расход воздуха. Низкая температура масла. Наличие воды в топливе.	Обеспечение соответствующей растопки. Перебои в подаче топлива. Проверка готовности к работе. Избегание чрезмерных попыток запуска.
Недостаточное количество воздуха для	Перебои в работе воздухоудовки. Неправильная установка распылителей	Обеспечение достаточного количества воздуха. Периодические проверки

Продолжение таблицы 4

сгорания	топлива.	впускных и выпускных воздушных отверстий, средств контроля сгорания, заслонок и температуры дымовых газов.
Утечки в топливных клапанах	Дефект клапана.	Периодические проверки клапанов. Своевременная замена дефектных клапанов. Проверка на герметичность. Проверка работы клапанов.
Чрезмерное отрицательное давление	Обратный фронт пламени.	Соответствующая эксплуатация оборудования.

В таблице 5 представлены опасности, возникающие при обслуживании оборудования в котельных. При очистке котлов необходимо соблюдать требования безопасности, а также использовать средства индивидуальной защиты.

Таблица 5 – Опасности, возникающие в котельной, при обслуживании оборудования

Вид опасности	Причины возникновения	Профилактические мероприятия
Вход в замкнутое пространство: котел, воздухопроводы и т.п.	Опасность заключается в наличии токсичной или воспламеняющейся среды и дефиците кислорода.	Обеспечение достаточной вентиляции. Предварительная проверка на наличие горючих газов и недостаток кислорода. Обеспечение достаточной освещенности. Соблюдение требований безопасности.

Продолжение таблицы 5

Загрязнение воздуха: газы, пары, пыль, туман	Недостаточная вентиляция. Утечки.	Обеспечение достаточной вентиляции. Использование средств индивидуальной защиты.
Чрезмерное скопление людей в рабочей зоне	Недостаточное планирование помещения.	Обеспечение свободного доступа ко всему оборудованию.

1.2. Анализ возможных аварийных ситуаций в котельном хозяйстве

Основной причиной аварийных ситуаций в котельном хозяйстве является разгерметизация оборудования и трубопроводов.

Основными поражающими факторами при авариях на газопроводе являются:

- образование и перенос опасных концентраций горючих газов (ГГ) в приземном слое атмосферы;
- поражение тепловым излучением при воспламенении ГГ;
- токсическое отравление продуктами горения;
- поражение воздушной ударной волной при взрыве топливно-воздушной смеси, образовавшейся при утечке ГГ.

Поражающими факторами в результате аварий могут быть:

- тепловое воздействие выбросами водяного пара при разгерметизации котельного оборудования и трубопроводов;
- поражение воздушной ударной волной при взрыве котельного оборудования;
- поражение осколками при разрушении котельного оборудования и трубопроводов;
- образование опасных концентраций паров ГГ при разгерметизации газопроводов в помещении котельной;
- поражение тепловым излучением при воспламенении ГГ;

- поражение воздушной ударной волной при взрыве топливно-воздушной смеси, образовавшейся при утечке ГГ;
- токсическое отравление продуктами горения.

При возникновении аварийных ситуаций, связанных с разгерметизацией котельного оборудования и трубопроводов газа и пара в зоны опасного воздействия поражающих факторов, попадает персонал котельной.

Анализируя статистику аварийных ситуаций [1], возникающих при эксплуатации опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением, можно сделать вывод о том, что на газифицированных котельных технологические трубопроводы гораздо более потенциально подвержены возникновению аварийных ситуаций ввиду специфики данных объектов: наличия сетей газопотребления.

В таблице 6 приведена статистика аварийных ситуаций в зависимости от типа технических устройств за 2013-2018 гг.

Таблица 6 – Статистика аварийных ситуаций по типам технических устройств в 2013-2018 гг.

Оборудование	Количество аварий, %
Сосуды, работающие под давлением	49
Трубопроводы пара и горячей воды	42
Паровые и водогрейные котлы	11

Анализ возможных причин и факторов, способствующих возникновению и развитию аварийных ситуаций, технологических процессов и схем газовых котельных, позволяет констатировать, что в большей степени представляет опасность разгерметизация трубопроводов, в силу вероятности аварийной разгерметизации оборудования и выброса отравляющих веществ с дальнейшим формированием полей поражающих факторов.

Типовые сценарии возможных аварийных ситуаций определяются с точки зрения развития ситуаций, при которых возможны выбросы из оборудования взрыво-, пожаро- и токсикопасных веществ с последующим формированием полей поражающих факторов.

Наиболее вероятные сценарии повреждения сетей:

- трещины;
- свищи диаметром 1-6 см;
- разгерметизация трубопроводов;
- разгерметизация импульсных линий КИПиА.

Основные факторы, способствующие возникновению и развитию аварийных ситуаций:

- повышение давления газа создает опасность аварийного выброса большого количества газа при нарушении герметичности газопровода, что в свою очередь при определенных условиях может привести к возникновению взрыва, пожара и поражения персонала токсическим воздействием газов;
- наличие в помещении котельного оборудования, работающего под давлением, фланцевых и сварных соединений, разветвленной сети трубопроводов с запорной и регулирующей арматурой повышает вероятность аварийной разгерметизации.

Возможные причины аварийных ситуаций:

- ошибки персонала;
- отказы в работе оборудования;
- внешние воздействия.

Причины, связанные с ошибками персонала:

Нарушения обслуживающим персоналом:

- технологии и последовательности операций при эксплуатации и техническом обслуживании оборудования;
- норм технологического процесса;
- требований безопасности, при выполнении операций, связанных с остановкой и пуском оборудования.

Нарушения ремонтным персоналом:

- требований безопасности при проведении работ;
- технологии ремонтных работ, инструкций изготовителя;
- ошибки при разборке, сборке, установке и испытании оборудования.

Причины, связанные с отказом оборудования:

- разгерметизация газопровода в результате:
- механических повреждений;
- отказов запорной, регулирующей и предохранительной арматуры;
- дефектов сварных и фланцевых соединений;
- усталость металла, коррозия.

Причины, связанные с внешними воздействиями:

Воздействие высоких температур при пожаре, удары молний, искры от внешних установок, диверсии, терроризм.

1.3. Обзор мероприятий по обеспечению безопасности в котельном хозяйстве

К мероприятиям по обеспечению безопасности ОПО относятся:

- оценка риска возникновения аварии на ОПО;
- разработка мероприятий по профилактике (предупреждению, исключению) промышленных аварий/инцидентов на ОПО;
- организация готовности персонала к локализации и ликвидации последствий аварий;
- разработка плана мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий;
- разработка декларации промышленной безопасности ОПО;
- обоснование безопасности ОПО;
- проведение экспертизы промышленной безопасности [2].

Противоаварийная устойчивость котельного хозяйства достигается при помощи комплекса организационных и технических мероприятий:

- использования автоматических систем управления технологическим процессом;
- постоянного контроля содержания опасных веществ в воздухе рабочей зоны;
- разработки планов ликвидации аварий;
- проведения противоаварийных учений, учебных тревог;

– наличия на предприятиях нештатных аварийно-спасательных формирований.

В качестве мероприятий по обеспечению безопасности в котельном хозяйстве выделяют несколько групп мероприятий различного характера [4]:

1. Обеспечение необходимой нормативно-правовой документацией.
2. Заблаговременная планировка помещений и их оснащение.
3. Обеспечение технического обслуживания.
4. Обеспечение и контроль средств аварийного отключения.
5. Обеспечение безопасной работы персонала.
6. Обеспечение средствами защиты и первой помощи.

Отдельное внимание уделяется обеспечению безопасной работы персонала, ведь по статистике [1] 83% аварий на опасных производственных объектах происходит из-за халатности и нарушений правил промышленной безопасности, в свою очередь повторяющийся характер носят 90 % нарушений.

Что касается технической составляющей, повышение безопасности газовых котельных достигается следующими путями [5]:

- разработкой и внедрением средств комплексной механизации и автоматизации трудоемких процессов, передовых технологий;
- повышением надежности и оперативности управления газорегуляторными пунктами и сетями путем внедрения телемеханических систем и комплекса вычислительной и телеизмерительной аппаратуры для диспетчеризации газовых сетей;
- повышением безопасности эксплуатации систем газоснабжения, разработкой и внедрением сигнализаторов загазованности помещений, а также приборов для нахождения мест утечек газа.

Особое место отводится системе контроля. Выделяют несколько видов контроля:

- постоянный контроль исправности оборудования, приспособлений, инструментов, защитных средств со стороны работников – до начала и в процессе работы согласно инструкциям;

- периодический контроль со стороны руководителей служб, участков и других подразделений согласно инструкциям;
- выборочный контроль со стороны работников служб промышленной безопасности и охраны труда [5].

ГЛАВА 2. АНАЛИЗ РИСКА В КОТЕЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

2.1. Описание технологического процесса котельного хозяйства

В качестве объекта исследования в данной работе изучается ОПО «Сеть газопотребления АО «Сибкабель». Дата введения в эксплуатацию объекта - 1994 год. Класс опасности объекта - III класс. Котельная обеспечивает всю инфраструктуру завода.

Пар образуется методом испарения котловой воды при сгорании природного газа в топках котлов марок КЕ 25/24С и ДКВР 20/23. Проектная мощность 65 т/ч пара с избыточным давлением 16 кгс/см². Котельная предназначена для производства насыщенного пара $P_{изб}=1,6$ МПа.

В технологическом процессе в качестве топлива выступает природный газ [6].

Принципиальная технологическая схема газового хозяйства котельной кабельного предприятия представлена на рисунке 1.

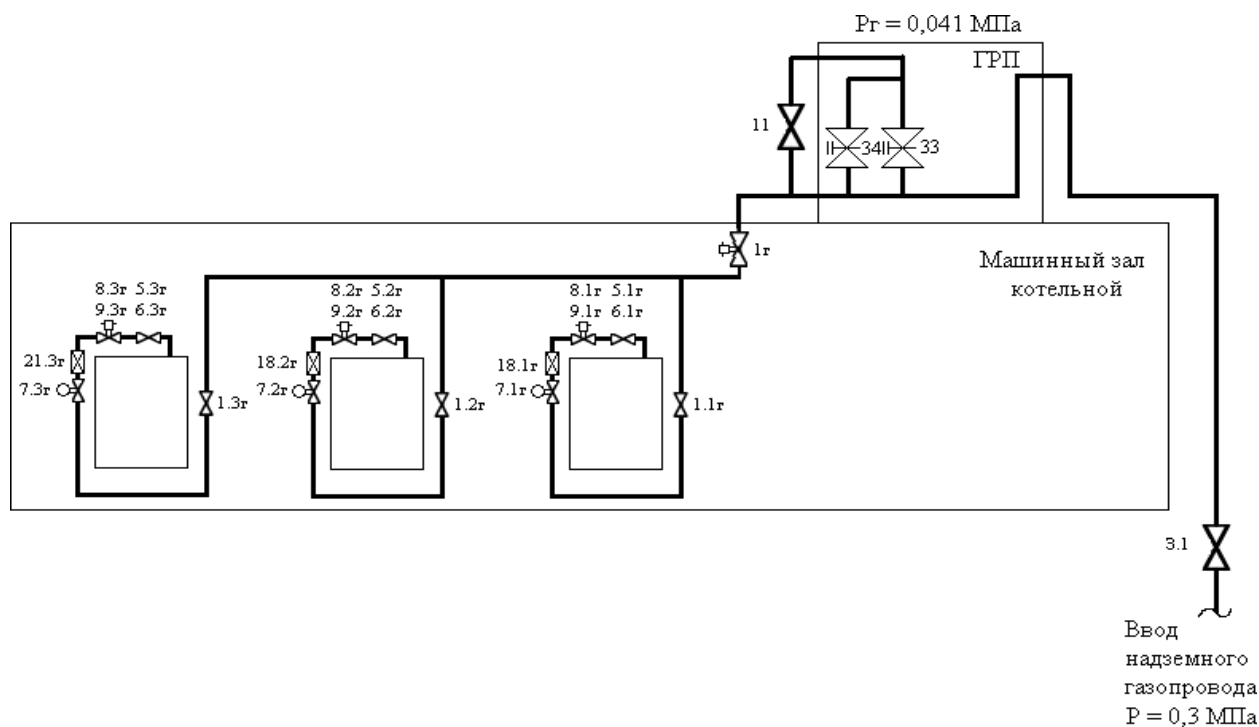


Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема газового хозяйства котельной

В таблице 7 представлены сокращения и условные обозначения газового хозяйства котельной.

Таблица 7 – Сокращения и условные обозначения

3.1	зadвижка клиновая на вводе надземного газопровода (тип 30с41нж, Ду200мм)
11	зadвижка клиновая после ГРП (тип 30с41нж, Ду150мм)
K1, K2	кран шаровой для отбора проб газа (тип 11627п dy15мм)
33, 34	регулятор давления газа РДГ-80В
1г, 8.1г, 9.1г, 8.2г, 9.2г, 8.3г, 9.3г	клапан предохранительный электромагнитный газовый (КПЭГ-100, Ду100мм)
1.1г, 5.1г, 6.1г, 1.2г, 5.2г, 6.2г, 1.3г, 5.3г, 6.3г	зadвижка клиновая на подающем газопроводе (тип 30с41нж1, Ду100мм)
7.1г, 7.2г, 7.3г	регулирующая газовая заслонка с МЭО
18.1г, 18.2г, 21.3г	клапан предохранительный электромагнитный газовый (КПЭГ, Ду100мм).

В состав ОПО «Сеть газопотребления АО «Сибкабель» входят:

- 1) подземный газопровод:
 - протяженностью 1764 м,
 - отключающие устройства Ду200мм – 3 шт., Ду50мм – 2 шт.,
 - таблички-указатели – 30 шт.,
 - колодцы инженерных сетей – 37 шт.,
 - контрольные трубки – 10 шт.
- 2) наружный надземный газопровод:
 - протяженность газопровода 42,7м,
 - диаметр газопровода Ду200х9мм, 150х9мм,
 - рабочее давление $P_{раб} = 0,3\text{МПа}$,
 - отключающая арматура 30с41нж Ду200мм (зав.№186);
- 3) газораспределительный пункт (ГРП):
 - диаметр подающего газопровода Ду200мм, 150мм,
 - рабочее давление до регуляторов $P_{раб} = 0,3\text{МПа}$ (3,0 кг/см²),

- за регуляторами $P_{раб} = 0,041 \text{ МПа}$ ($0,41 \text{ кг/см}^2$);
- 4) внутрицеховой газопровод котельной:
 - диаметр газопровода $Dy100 \text{ мм}$,
 - рабочее давление $P_{раб} = 0,041 \text{ МПа}$ ($0,41 \text{ кг/см}^2$);
- 5) котельные агрегаты:
 - ДКВР-20/23 ст.№1 (зав.№2114) с двумя газомазутными горелками марки ГМ-7 (зав.№№205,985),
 - ДКВР-20/23 ст.№2 (зав.№4014) с двумя газомазутными горелками марки ГМ-7 (зав.№№203,955),
 - КЕ 25-24С ст.№2 (зав.№2977) с двумя газомазутными горелками марки ГМ-7 (зав.№954);
- 6) трубопровод пара (паропровод):
 - трубопровод IV категории,
 - протяженность 68600 мм ,
 - диаметр трубопровода $Dy219 \times 8 \text{ мм}$, $273 \times 8 \text{ мм}$,
 - рабочая среда - насыщенный пар,
 - давление $2,4 \text{ МПа}$ (24 кгс/см^2),
 - температура 201°C ,
- 7) экономайзеры чугунные:
 - котельного агрегата ст.№1 - ЭП1-646 (зав.085),
 - расчетное давление воды $3,0 \text{ МПа}$,
 - предельное рабочее давление в котле $2,4 \text{ МПа}$,
 - температура воды на входе в экономайзер 70°C ,
 - конечная температура подогрева воды $147-174^\circ \text{C}$,
 - поверхность нагрева экономайзера 646 м^2 ,
 - полный объем экономайзера $1,32 \text{ м}^3$.
 - котельного агрегата ст.№2 - ЭБ1-808И (зав.122),
 - предельное рабочее давление в котле $2,4 \text{ МПа}$,
 - предельная температура рабочей среды 225°C ,
 - поверхность нагрева экономайзера 808 м^2 ,

- полный объем экономайзера 1,66м³.
- котельного агрегата ст.№3 - ЭП1-646 (зав.087),
- расчетное давление воды 3,0МПа,
- предельное рабочее давление в котле 2,4МПа,
- температура воды на входе в экономайзер 70°С,
- конечная температура подогрева воды 147-174°С,
- поверхность нагрева экономайзера 646м²,
- полный объем экономайзера 1,32м³.

2.2. Анализ опасностей котельного хозяйства

Рассмотрим аварийные ситуации, способные возникнуть в котельном хозяйстве, проанализируем факторы, способствующие возникновению и развитию аварийных ситуаций, а также возможные причины их возникновения.

Сценарий С-1 – разгерметизация газопровода до газораспределительного пункта (ГРП) и выброс природного газа в атмосферу.

Описание сценария – выброс газа на наружной установке, распространение облака + возможен пожар + взрыв газовоздушного облака.

Факторы, способствующие возникновению и развитию аварийных ситуаций – резкое повышение давления газа.

Причины аварии – ошибки персонала при обслуживании и ремонте газопровода, нарушение герметичности газопровода из-за механических повреждений, дефектов, коррозии, внешние воздействия.

Сценарий С-2 – Разгерметизация оборудования, содержащего газ, с выбросом в производственное помещение (ГРП).

Описание сценария – выброс газа в производственное помещение → загазованность помещения → взрыв газовоздушного облака → разрушение оборудования + барическое и осколочное поражение обслуживающего персонала.

Факторы, способствующие возникновению и развитию аварийных ситуаций – резкое повышение давления газа.

Причины аварии – ошибки персонала при обслуживании и ремонте газопровода, нарушение герметичности газопровода из-за механических повреждений, дефектов, коррозии, отказ предохранительно-запорного клапана (ПЗК), отказ предохранительно-сбросного клапана (ПСК), внешние воздействия.

Сценарий С-3 – Разгерметизация оборудования, содержащего газ с выбросом в производственное помещение (внутрицеховой газопровод)

Описание сценария – выброс газа в производственное помещение → загазованность помещения → взрыв газовоздушного облака → разрушение оборудования + барическое и осколочное поражение обслуживающего персонала.

Факторы, способствующие возникновению и развитию аварийных ситуаций – резкое повышение давления газа.

Причины аварии – ошибки персонала при обслуживании и ремонте газопровода, нарушение герметичности газопровода из-за механических повреждений, дефектов, коррозии, отказ предохранительно-отсечных клапанов, внешние воздействия.

Сценарий С-4 – Разгерметизация одной (или нескольких) труб на экономайзере.

Описание сценария – выброс носителя в производственное помещение → разрушение оборудования.

Факторы, способствующие возникновению и развитию аварийных ситуаций – вскипание питательной воды.

Причины аварии – ошибки персонала при обслуживании и ремонте газопровода, нарушение герметичности газопровода из-за механических повреждений, дефектов, коррозии, остановка питательного насоса, внешние воздействия.

Сценарий С-5 – Разгерметизация трубопровода питательной линии.

Описание сценария – выброс носителя в производственное помещение → разрушение оборудования.

Факторы, способствующие возникновению и развитию аварийных ситуаций – вскипание питательной воды.

Причины аварии – ошибки персонала при обслуживании и ремонте газопровода, нарушение герметичности газопровода из-за механических повреждений, дефектов, коррозии, остановка питательного насоса, внешние воздействия.

Сценарий С-6 – Разгерметизация паропровода.

Описание сценария – выброс носителя в производственное помещение → разрушение оборудования.

Факторы, способствующие возникновению и развитию аварийных ситуаций – заброс питательной воды в паропровод.

Причины аварии – ошибки персонала при обслуживании и ремонте газопровода, нарушение герметичности газопровода из-за механических повреждений, дефектов, коррозии, внешние воздействия.

В соответствии с [7] выделяют несколько причин возникновения аварийных ситуаций на технологических трубопроводах. Проанализируем причины возникновения и развития аварийной ситуации и построим дерево причин разгерметизации трубопровода в котельном хозяйстве (рис. 2), а также блок-схему событий (рис. 3) возможных при данной аварийной ситуации.

Наиболее вероятными причинами, ведущими к разгерметизации трубопровода, являются отказы технических устройств вследствие коррозии, физического износа, нарушения работы систем контроля, ошибки персонала вследствие отступления от установленных параметров технологического регламента ведения процесса и нарушения режима эксплуатации производственных установок и оборудования. Наименее вероятными внешние воздействия природного и техногенного характера.



Рисунок 2 – Дерево причин возникновения аварийных ситуаций на технологическом трубопроводе



Рисунок 3 – Блок-схема событий при разгерметизации газопровода

Последствиями при разгерметизации газопровода вследствие истечения или выброса газа являются разрушение оборудования, сооружений, травмирование персонала ударной волной или тепловым излучением, негативное воздействие на окружающую среду.

Для дальнейших детальных расчетов приняты сценарии С-1 и С-6, связанные с разгерметизацией газопровода и паропровода и с последующим формированием полей поражающих факторов. Сценарий С-1 выбран в связи с тем, что при реализации данного сценария будет произведена остановка технологического процесса вплоть до перевода на резервное топливо, сценарий С-6 обусловлен наибольшим возможным количеством пострадавших.

2.3. Расчет поражающих факторов, возникающих при реализации аварийных ситуаций

2.3.1. Разгерметизация газопровода до ГРП и выброс природного газа в атмосферу (сценарий 1)

Проведем расчет для сценария С-1.1 (взрыв газового облака) при разгерметизации газопровода до ГРП [8]. Основным поражающим фактором данного сценария является ударная волна.

1. Объем участка газопровода определяется по формуле:

$$V = \frac{\pi d_{\text{вн}}^2}{4} \cdot l = \frac{3,1416 \cdot 0,2^2}{4} \cdot 42,7 = 1,3415 \text{ м}^3.$$

2. Масса опасного вещества в трубопроводе определяется по формуле:

$$m = p \cdot V \cdot \rho,$$

где P – абсолютное давление участка газопровода, выраженное в кгс/см²;

V – объем участка газопровода, м³

ρ – плотность природного газа при нормальных условиях, кг/м³ ($\rho=0,73$ кг/м³).

$$m = 3,059 \cdot 1,3415 \cdot 0,73 = 2,9957 \text{ кг.} = 2,9957 \cdot 10^{-3} \text{ т.} = 0,002597 \text{ т.}$$

3. Масса вещества (M_p) в облаке при мгновенной разгерметизации трубопровода определяется по формуле для низкокипящих СУГ:

$$M_p = 0,34 \cdot M,$$

где M – масса СУГ, т.

Природный газ обладает $t_{\text{кип}} = -161,6$ °С и относится к низкокипящим СУГ.

$$M_p = 0,62 \cdot 0,0029957 = 0,0019 \text{ т.} = 1,8573 \text{ кг.}$$

4. Произведем расчет зон избыточного давления взрыва ТВС при авариях с СУГ.

Радиус зоны загазованности определяется по формуле:

$$X_{\text{нкпр}} = 14,6 \cdot (M_p / \rho_{\text{п}} \cdot C_{\text{нкпр}})^{0,33},$$

где $X_{\text{нкпр}}$ – расстояние по горизонтали от источника, ограниченное НКПР, м;

M_p – масса газа, поступившего в окружающее пространство (масса газа в облаке ТВС), кг;

$C_{\text{нкпр}}$ – НКПР, % (об);

$\rho_{\text{п}}$ – плотность паров СУГ, кг/м³.

$$\rho_{\text{п}} = \frac{M_M}{V_0(1 + 0,0367 \cdot t_p)},$$

Таким образом, рассчитаем значения плотности паров СУГ и радиус зоны загазованности:

$$\rho_{\text{п}} = \frac{M_M}{V_0(1 + 0,0367 \cdot t_p)} = \frac{16}{22,413(1 + 0,0367 \cdot 28)} = 0,6947 \text{ кг/м}^3$$

$$X_{\text{нкпр}} = 14,6 \cdot (M_p / \rho_{\text{п}} \cdot C_{\text{нкпр}})^{0,33} = 14,6 \cdot (1,8573 / 0,6947 \cdot 5,28)^{0,33} = 11,66 \text{ м.}$$

По упрощенной формуле для оперативных расчетов произведем проверку полученного результата (где M_p – масса вещества в облаке в т.):

$$X_{\text{нкпр}} = 92 \cdot M_p^{0,33} = 92 \cdot 0,0019^{0,33} = 11,63 \text{ м.}$$

5. Произведем расчет границ зон поражения людей:

Граница зоны тяжелых поражений ($\Delta P = 100$ кПа):

$$R_1 = 32 \cdot M_p^{0,33} = 32 \cdot 0,0019^{0,33} = 4,048 \text{ м.}$$

Граница зоны порога поражения ($\Delta P = 3$ кПа):

$$R_2 = 360 \cdot M_p^{0,33} = 360 \cdot 0,0019^{0,33} = 45,54 \text{ м.}$$

6. Произведем расчет границ зон повреждения зданий и сооружений:

Граница зоны полных разрушений ($\Delta P=100$ кПа):

$$R_1 = 32 \cdot M_p^{0,33} = 32 \cdot 0,0019^{0,33} = 4,048 \text{ м.}$$

Сильных разрушений ($\Delta P=57$ кПа):

$$R_2 = 45 \cdot M_p^{0,33} = 45 \cdot 0,0019^{0,33} = 5,6925 \text{ м.}$$

Средних разрушений ($\Delta P=34$ кПа):

$$R_3 = 64 \cdot M_p^{0,33} = 64 \cdot 0,0019^{0,33} = 8,096 \text{ м.}$$

Умеренных разрушений ($\Delta P=17$ кПа):

$$R_4 = 120 \cdot M_p^{0,33} = 120 \cdot 0,0019^{0,33} = 15,18 \text{ м.}$$

Малых разрушений ($\Delta P=3$ кПа):

$$R_5 = 360 \cdot M_p^{0,33} = 360 \cdot 0,0019^{0,33} = 45,54 \text{ м.}$$

7. Произведем расчет величины избыточного давления на рассчитанных расстояниях по формуле для определения относительной величины расстояния с использованием зависимости избыточного давления от относительной величины расстояния (рис.4):

$$X_p = R_1 / (0,42 \cdot M_p)^{0,33}$$

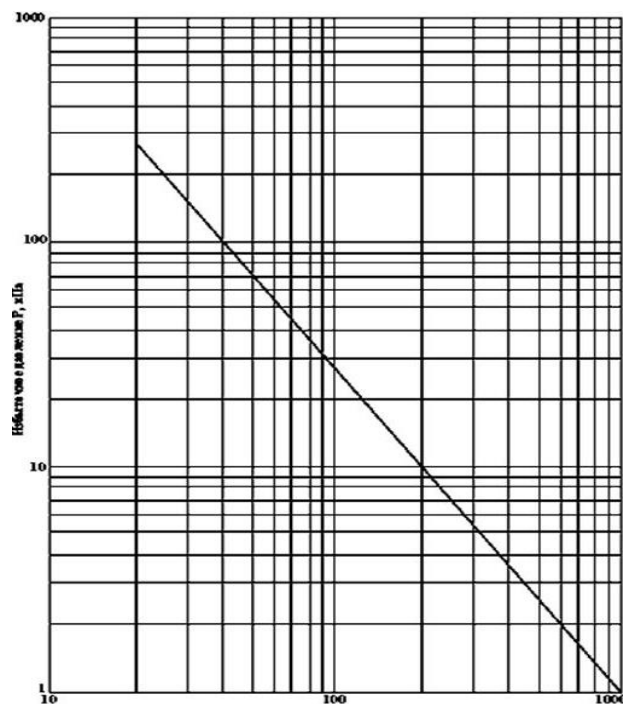


Рисунок 4 – Зависимость избыточного давления взрыва от относительной величины расстояния

Таблица 8 – Расчет величины избыточного давления

R, м	X_p, м	ΔP, кПа
4,048	40,61667	100
5,6925	59,9297	57
8,096	85,23335	34
15,18	159,8125	17
45,54	449,4376	3

Таблица 9 – Воздействие ударной волны на организм человека

ΔP, кПа	Степень поражения	Характер поражения
100	Тяжелая	Сильная контузия всего организма, повреждение внутренних органов и мозга, тяжелые переломы конечностей. Возможен смертельный исход.
57	Средняя	Серьёзные контузии, повреждение органов слуха, кровотечение из носа и ушей, сильные вывихи и переломы конечностей.
3-34	Легкая	Легкая общая контузия организма, временное повреждение слуха, ушибы и вывихи конечностей

Таблица 10 – Воздействие на здания и сооружения

R, м	ΔP, кПа	Степень разрушения зданий и сооружений
4,048	100	Полное разрушение зданий
5,6925	57	Сильное разрушение, 50 % полного разрушения
8,096	34	Средние повреждения зданий
15,18	17	Умеренные повреждения зданий
45,54	3	Малые повреждения

Таким образом, безопасные расстояния при воздействии ударной волны – 45,54 м, здание котельной находится на расстоянии 15 метров и следовательно попадает в зону малых разрушений. Работники получают легкие травмы: общую контузию организма, временное повреждение слуха, ушибы и вывихи конечностей.

Проведем расчет для сценария С-1.2 (горение газового облака) при разгерметизации газопровода до ГРП [8]. Основным поражающим фактором данного сценария является тепловое излучение.

Масса природного газа, выброшенного в результате аварийной ситуации $M_p=1,8573$ кг.

1. Расчет интенсивности теплового излучения «огненного шара» q , кВт/м², проводят по формуле:

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \tau,$$

где E_f – среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени, кВт/м², $E_f=450$ кВт/м²;

F_q – угловой коэффициент облученности;

τ – коэффициент пропускания атмосферы.

2. F_q рассчитывают по формуле:

$$F_q = \frac{\frac{H}{D_s} + 0,5}{4 \left[\left(\frac{H}{D_s} + 0,5 \right)^2 + \left(\frac{r}{D_s} \right)^2 \right]^{1,5}},$$

где:

D_s – эффективный диаметр «огненного шара», м

$$D_s = 5,33m^{0,327}=5 \cdot 1,8573^{0,327}=6,526 \text{ м.}$$

H – высота центра «огненного шара», м

$$H = D_s / 2 = 3,263 \text{ м.}$$

r – расстояние от облучаемого объекта до точки на поверхности земли непосредственно под центром «огненного шара», м.

Угловой коэффициент облученности рассчитаем для $r = 0, 10, 20, 30, 40, 50$ м.

Таблица 11 – Значения углового коэффициента облученности

r , м	0	10	20	30	40	50
F_q	0,25	0,041	0,007	0,002	0,001	0,0005

3. Коэффициент пропускания атмосферы τ рассчитывают по формуле:

$$\tau = \exp \left[-7,0 \cdot 10^{-4} \left(\sqrt{r^2 + H^2} - D_s/2 \right) \right] = 1,01.$$

Таблица 12 – Значения интенсивности потока теплового излучения

<i>r</i> , м	0	10	20	30	40	50
<i>q</i> , кВт/м ²	113,625	18,548	3,392	1,091	0,474	0,246

4. Время существования «огненного шара» t_s , с, рассчитывают по формуле:

$$t_s = 0,92m^{0,303} = 1,1098 \text{ с.}$$

5. Рассчитаем значение теплового излучения при удалении от облака:

$$Q = t_s \cdot q$$

Таблица 13 – Значения теплового излучения

<i>r</i> , м	0	10	20	30	40	50
<i>Q</i> , кВт/м ²	126,1	20,584	3,76	1,21	0,526	0,273

Таблица 14 – Расчет значения плотности теплового излучения

Расстояние, м	Значения плотности теплового излучения (кВт/м ²)	Допустимое время пребывания людей, мин	Степень теплового воздействия без средств защиты
10	20,584	1	Мгновенные ожоги
20	3,76	5	Переносимая боль через 20 с

Таким образом, в зону действия поражающих факторов попадает персонал котельной, которым преимущественно будут получены ожоги 1 и 2 степеней. Возможное число пострадавших 3 человека.

2.3.2. Разгерметизация паропровода (сценарий 6)

Проведем расчет для сценария С-6 разрушение паропровода [9]. Основным поражающим фактором данного сценария является ударная волна.

1. Объем участка трубопровода определяется по формуле:

$$V = \frac{\pi d_{\text{вн}}^2}{4} \cdot l = \frac{3,1416 \cdot 0,219^2}{4} \cdot 68,6 = 2,584 \text{ м}^3.$$

Перегретая жидкость – это жидкость, находящаяся в оборудовании под давлением собственных насыщенных паров, превышающем давление окружающей среды. Повышение давления насыщенных паров выше атмосферного достигается за счет разогрева жидкости выше температуры кипения при давлении окружающей среды. Так для воды ее температура должна превышать 100 °С.

Если происходит разрушение энергетического оборудования с перегретой жидкостью, она мгновенно вскипает, а ее температура снижается до температуры кипения при атмосферном давлении. Снижение температуры обусловлено затратами внутренней энергии жидкости на парообразование.

Парообразование происходит со скоростями сравнимыми с горением взрывчатых веществ и сопровождается образованием ударных волн.

2. Энергетический потенциал перегретой жидкости рассчитывается по следующей формуле:

$$E_p = m \cdot c_{\text{ж}} \cdot (T_0 - T_{\text{к}}),$$

где T_0 – температура перегретой жидкости;

$T_{\text{к}}$ – температура кипения при атмосферном давлении,

m – масса жидкости, м³

$c_{\text{ж}}$ – удельная теплоемкость жидкости, кДж/кг·град.

$$E_p = 2,584 \cdot 4,5 \cdot 100 \cdot 864 = 10,05 \cdot 10^5 \text{ кДж.}$$

3. Рассчитаем тротиловый эквивалент воды при 200 °С:

$$W = \frac{E_{\text{п}}}{4520} = \frac{10,05 \cdot 10^5}{4520} = 222,27 \text{ кг.}$$

4. Количество паров, образующихся за счет внутренней энергии жидкой фазы, равно:

$$m_n = \frac{E_p}{q_u} = \frac{10,05 \cdot 10^5}{2,44 \cdot 10^3} = 411,885 \text{ кг.}$$

5. Объем образовавшихся паров при температуре 100 °С и атмосферном давлении равен:

$$V = \frac{mRT}{MP} = \frac{411,885 \cdot 8,314 \cdot 373}{0,018 \cdot 10^5} = 709 \text{ м}^3$$

6. Проведем сравнение полученного результата с энергетическим потенциалом 1 м³ паров воды при 200 °С. Давление насыщенных паров воды при 200 °С равно 1,66 МПа. Наружное давление – P_о = 0,1 МПа. Энергетический потенциал 1 м³ паров при заданных условиях определяется по формуле:

$$E_p = \frac{P_c \cdot V_c}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{P_0}{P_c} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right] = \frac{1,66 \cdot 10^6 \cdot 2,584}{1,28 - 1} \left[1 - \left(\frac{0,1}{1,66} \right)^{\frac{1,28-1}{1,28}} \right] \\ = 7,03 \cdot 10^6 \text{ Дж.}$$

7. Тротиловый эквивалент паровой фазы:

$$W_n = \frac{7,03 \cdot 10^6}{4520} = 1,556 \text{ кг.}$$

8. Тротиловый эквивалент взрыва:

$$W_n = \frac{0,4}{0,9} \cdot \frac{Q_n}{Q_t} \cdot Z \cdot m,$$

где 0,4 – доля энергии взрыва парогазовой смеси, затрачиваемой непосредственно на формирование ударной волны;

0,9 – доля энергии взрыва тринитротолуола, затрачиваемой непосредственно на формирование ударной волны;

Q_н – удельная теплота сгорания парогазовой среды, кДж/кг;

Q_т – удельная теплота взрыва, 4240 кДж/кг;

Z – доля приведенной массы паров во взрыве принимается 0,5.

Так как, причиной взрыва послужило мгновенное испарение воды, то в данной формуле вместо значения Q_n берется удельная теплота парообразования воды L , равная 2256 кДж/кг. Тогда, тротиловый эквивалент взрыва равен:

$$W_n = \frac{0,4}{0,9} \cdot \frac{2256}{4240} \cdot 0,5 \cdot 411,85 = 48,69 \text{ кг.}$$

9. Рассчитаем радиусы зон разрушений:

$$R = \frac{K \cdot W^{0,33}}{\left[1 + \left(\frac{3180}{W}\right)^2\right]^{0,167}},$$

где R – радиус зоны разрушения,

K – коэффициент, характеризующий уровень разрушения,

W – доля энергии взрыва, идущая на формирование ударной волны, выраженная в тротиловом эквиваленте,

где K – безразмерный коэффициент, характеризующий воздействие взрыва на объект.

Таблица 15 – Расчет радиусов зон разрушения

R, м	K	ΔP, кПа	Степень разрушения зданий и сооружений
3,8	3,8	100	Полное разрушение зданий
5,4	5,6	56	Сильное разрушение, 50 % полного разрушения
7,6	9,6	33	Средние повреждения зданий
14,3	28	15	Умеренные повреждения зданий (повреждение внутренних перегородок, рам, дверей и т.п.)
43	56	3	Малые повреждения

Таблица 16 – Воздействие ударной волны на организм человека

ΔP, кПа	Степень поражения	Характер поражения
100	Тяжелая	Сильная контузия всего организма, повреждение внутренних органов и мозга, тяжелые переломы конечностей. Возможен смертельный исход.
56	Средняя	Серьёзные контузии, повреждение органов слуха, кровотечение из носа и ушей, сильные вывихи и

Продолжение таблицы 16

		переломы конечностей.
3-33	Легкая	Легкая общая контузия организма, временное повреждение слуха, ушибы и вывихи конечностей

Таким образом, в зону действия поражающих факторов попадает персонал котельной, возможное число пострадавших 5 человек, преимущественно будет осуществлено поражение ударной волной, а также получены ожоги ввиду теплового воздействия пара. Безопасное расстояние для персонала при воздействии ударной волны – 43 м. В зону действия поражающего фактора попадает оборудование котельной, степень разрушения – средняя.

ГЛАВА 3. МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ

3.1. Анализ системы противоаварийной защиты

Проведем анализ системы противоаварийной защиты (ПАЗ) для сценариев, рассмотренных в предыдущем разделе.

Сценарий С-1 – разгерметизация газопровода до газораспределительного пункта (ГРП) и выброс природного газа в атмосферу

ПАЗ – газопровод оснащен ручной задвижкой Ду200мм.

Сценарий С-6 – Разгерметизация паропровода.

ПАЗ – автоматика и сигнализация с выводом звукового и светового сигнала на приборный щит в помещении машинного зала.

Таким образом, состояние системы противоаварийной защиты достаточно для быстрой локализации и ликвидации аварийной ситуации.

3.2. Мероприятия по снижению риска возникновения разгерметизации трубопроводов

В рамках риск-ориентированного подхода выделяют две группы мер обеспечения безопасности: мероприятия, направленные на уменьшение вероятности возникновения аварий, и меры, направленные на смягчение тяжести последствий аварий [7].

Среди решений, направленных на предупреждение аварийных выбросов опасных веществ (уменьшение вероятности аварий) на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных газов, следует отметить:

- применение материалов повышенной прочности, повышение толщин стенок сосудов и трубопроводов;
- использование защитных кожухов;
- повышенную частоту диагностики, испытаний на прочность и герметичность;

– повышение чувствительности и надежности систем контроля технологических процессов и блокировок [7].

Таблица 17 – Меры по уменьшению вероятности возникновения разгерметизации трубопроводов (отказ технических устройств)

Причина	Мероприятие
Физический износ	Периодические осмотры и комплексные диагностические обследования с использованием технических средств. Поддержание исправного состояния трубопроводов и арматуры за счет своевременного выполнения необходимых ремонтно-профилактических работ. Своевременная модернизация морально устаревшего или изношенного оборудования.
Коррозия	Своевременная и качественная оценка технического состояния и устранение дефектов. Повышение степени ответственности за нарушение порядка контроля коррозионного состояния.
Выход технологических параметров за предельно допустимые значения	Периодический осмотр и контроль состояния технологического оборудования, исправности приборов контроля. Постоянный контроль параметров технологического процесса.
Прекращение подачи энергоресурсов (электроэнергии, пара, воды, воздуха)	Обеспечение бесперебойной подачи необходимых энергоресурсов. Организация резервных линий снабжения.
Нарушение работы систем и (или) средств управления и контроля	Периодический осмотр и контроль исправности средств управления и контроля, предохранительных устройств. Своевременная поверка приборов.

Таблица 18 – Меры по уменьшению вероятности возникновения разгерметизации трубопроводов (ошибочные действия персонала)

Причина	Мероприятие
Отступление от установленных параметров технологического регламента ведения производственного процесса	<p>Разработка технологического регламента ведения производственного процесса.</p> <p>Ведение технологического процесса в соответствии с требованиями технологического регламента.</p> <p>Оснащение производственных установок и оборудования системой автоматического контроля и защиты, срабатывающей при отклонении от заданных параметров технологических процессов.</p> <p>Контроль за соблюдением безопасности ведения технологического процесса.</p> <p>Проведение инструктажей и проверок знаний по правилам безопасности работ.</p> <p>Проведение целевого инструктажа перед выполнением работ повышенной опасности, оформление соответствующей нормативной документации.</p> <p>Повышение степени ответственности за нарушение безопасности ведения технологического процесса.</p>
Нарушение режима эксплуатации производственных установок и оборудования	<p>Соблюдение норм технологического режима на всех стадиях эксплуатации.</p> <p>Максимальная автоматизация технологических процессов.</p> <p>Оснащение производственных установок и оборудования системой автоматического контроля и защиты, срабатывающей при отклонении от заданных параметров технологических процессов (в рамках безопасности ведения процесса).</p>

Продолжение таблицы 18

	Повышение степени ответственности за нарушение режима эксплуатации производственных установок и оборудования.
Недостаточный контроль (или отсутствие контроля) за параметрами технологического процесса	<p>Ведение технологического процесса в соответствии с требованиями технологического регламента.</p> <p>Максимальная автоматизация технологических процессов и оснащение оборудования системой автоматического контроля и защиты.</p> <p>Обеспечение соответствующего контроля параметров технологического процесса.</p> <p>Обучение работников, инструктаж, проверка знаний, повышение квалификации.</p> <p>Организация соответствующего производственного контроля (3-х ступенчатого).</p> <p>Повышение степени ответственности за нарушение безопасности ведения технологического процесса.</p>

Среди решений, направленных на уменьшение тяжести последствий аварий, выделяют

- установление безопасных расстояний до мест скопления персонала;
- сокращение времени пребывания персонала в опасной зоне;
- ограничение площадей возможных аварийных разливов за счет возведения инженерных сооружений (системы аварийных лотков, дренажных емкостей);
- планировочные решения, исключаящие эскалацию аварий;
- повышение взрывозащищенности зданий и сооружений на территории ОПО;
- установку датчиков загазованности;
- информирование персонала об опасностях аварий [7].

Уменьшению вероятности перерастания инцидента в аварийную ситуацию (появления поражающих факторов) достигается путем разработки соответствующей документации (планов по ликвидации и локализации аварий, инструкций, памяток), проведением соответствующего обучения работников в области гражданской обороны, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и основам пожарной безопасности (инструктажей, противоаварийных учений, учебных тревог, освоения противопожарного технического минимума, проведения противопожарных тренировочных занятий), образованием НАСФ на предприятии, а при их отсутствии – заключением соглашений с необходимым службами.

3.3. Мероприятия по снижению риска возникновения аварийных ситуаций на газовой котельной

Для того чтобы оценить необходимость разработки мероприятий по повышению безопасности, проведем оценку уровня риска для каждого сценария с помощью метода «Матрица последствий и вероятности» в соответствии с методикой [10].

Детальное описание категорий вероятности и тяжести последствий для представленной матрицы приведены в Приложении 1.

После определения категории тяжести и вероятности события, определяется значение риска на пересечении этих двух составляющих. Согласно представленной матрице (рис. 5) риск может принимать следующие значения – «экстремально высокий», «высокий», «средний», «низкий».

Качественная оценка вероятности	Последствия				
	Незначительные	Небольшие	Умеренные	Значительные	Катастрофические
Почти наверняка	Риск средний	Риск средний	Риск высокий	Риск экстремально высокий	Риск экстремально высокий
Очень вероятно	Риск низкий	Риск средний	Риск высокий	Риск высокий	Риск экстремально высокий
Возможно	Риск низкий	Риск низкий	Риск средний	Риск высокий	Риск высокий
Маловероятно	Риск низкий	Риск низкий	Риск средний	Риск средний	Риск высокий
Редко	Риск низкий	Риск низкий	Риск низкий	Риск средний	Риск средний
Очень редко	Риск низкий	Риск низкий	Риск низкий	Риск низкий	Риск средний
Почти невозможно	Риск низкий	Риск низкий	Риск низкий	Риск низкий	Риск низкий

Рисунок 5 – Матрица по оценке риска опасных событий

Каждый уровень риска определяет необходимость принятия определённых мер безопасности:

- «экстремально высокий» - требуются особые меры обеспечения безопасности;
- «высокий» - требуется принятие определенных мер безопасности;
- «средний» - рекомендуется принятие некоторых мер безопасности;
- «низкий» - принятие специальных мер безопасности не требуются.

Определим уровень риска для каждого из сценариев аварийных ситуаций с учетом мероприятий по обеспечению безопасности, которые уже проводятся на объекте (табл. 19).

Таблица 19 – Определение уровня риска для вероятных сценариев

№	Существующие меры по предотвращению аварии	Вероятность	Существующие меры по снижению тяжести последствий	Последствия	Уровень риска
С-1	Своевременный ремонт. Контроль исправности оборудования и средств КИПиА.	Маловероятно	Газопровод оснащен ручной задвижкой Ду200мм. Наличие средств индивидуальной защиты и средств пожаротушения.	Умеренные	Средний

Продолжение таблицы 19

			Информирование персонала об опасностях. Обучение работников. Планировочные решения, исключающие эскалацию аварий.		
С-6	Своевременный ремонт. Контроль исправности оборудования и средств КИПиА.	Маловероятно	Автоматика и сигнализация с выводом звукового и светового сигнала на приборный щит в помещении машинного зала. Информирование персонала об опасностях. Обучение работников.	Умеренные	Низкий

Ввиду продолжительного срока службы котельной, несмотря на состояние системы противоаварийной защиты и соблюдения всех мер безопасного ведения технологических процессов, а также строгий производственный контроль, целесообразным является её замена.

Ввиду среднего уровня риска, предлагаем провести дополнительные мероприятия по повышению безопасности.

Предложенные мероприятия можно разделить на две группы: организационные и инженерно-технические.

На данный момент в качестве организационных мероприятий можно рекомендовать предприятию:

- Обновить базу инструкций (наставлений, руководств) по снижению опасности возникновения аварийных ситуаций на объекте, безаварийной остановке производства, локализации аварий и ликвидации последствий, а также по организации восстановления нарушенного производства.

- Проводить учебно-тренировочное обучение с психоэмоциональной нагрузкой по действиям в случае возникновения аварии.
- Увеличить частоту проверок исправности состояния технологического оборудования и системы средств КИПиА.
- Ужесточить профессиональные требования при проведении отбора работников для выполнения работ на объектах ГРС.

Данные мероприятия повлекут за собой повышение уровня осведомленности работников о существующих опасностях, повышение уровня их профессиональной ответственности и компетентности, что в свою очередь позволит снизить тяжесть последствий при возникновении аварийных ситуаций.

В качестве инженерно-технических мероприятий можно предложить:

- Провести капитального ремонта участков ГРС и замены изношенного оборудования.
- Заменить ручной задвижки газопровода на автоматические средства отключения подачи газа.
- Разработать проекты и образцы специальных защитных устройств, в частности кожухов, предохраняющих технологическое оборудование от падающих обломков разрушаемого здания, что позволит уменьшить тяжесть последствий при реализации аварийных ситуаций.
- Оснастить трубопроводов передовыми приборами и устройствами для контроля за коррозией и коррозионным растрескиванием, что позволит своевременно отслеживать состояние трубопроводов при водородном охрупчивании, что приведет к снижению вероятности возникновения аварийных ситуаций, связанных с влиянием коррозии.
- Внедрить в диспетчерское управление и обслуживание газового хозяйства телемеханические устройства и автоматику, что позволит обеспечить централизованный контроль основных показателей работы систем газоснабжения, автоматическое регулирование давления газа в газопроводах и

телемеханическое управление соответствующими запорными устройствами и обеспечит снижение вероятности реализации аварийных ситуаций.

Для снижения влияния человеческого фактора на вероятность возникновения аварийной ситуации, предлагается:

- Повысить уровень стрессоустойчивости персонала за счет обучения навыкам саморегуляции и самоконтроля на основе реализации занятий с так называемой биологической обратной связью [11].
- Повысить эффективность учебных и учебно-тренировочных занятий за счет проведения тренировок с психоэмоциональной нагрузкой [11].
- Разработать системы по повышению ответственности персонала в рамках безопасности производственных процессов, предусматривающей как ужесточение ответственности, так и меры поощрения за соблюдение безопасности ведения производственных процессов.

Снижение влияние человеческого фактора должно достигаться путем повышения культуры безопасности работников, повышения их профессиональной надежности, в обратном случае приоритет безопасности не станет частью системы ценностей работников.

В таблице 20 приведены предлагаемые мероприятия по повышению безопасности котельного хозяйства.

Таблица 20 – Мероприятия по повышению безопасности

№	Описание	Предлагаемые мероприятия по снижению вероятности возникновения АС	Предлагаемые мероприятия по снижению тяжести последствий
С-1	Разгерметизация газопровода до газораспределительного пункта (ГРП) и выброс природного газа в атмосферу	<p>Организационные</p> <p>Увеличение частоты проверок исправности состояния технологического оборудования и системы средств КИПиА.</p> <p>Технические</p>	<p>Организационные</p> <p>Обновление базы инструкций (наставлений, руководств).</p> <p>Технические</p> <p>Разработка и внедрение проектов специальных</p>

Продолжение таблицы 20

С-6	Разгерметизация паропровода	<p>Проведение капитального ремонта участков ГРС и замены изношенного оборудования.</p> <p>Замена ручной задвижки газопровода на автоматические средства отключения подачи газа.</p> <p>Оснащение трубопроводов передовыми устройствами для контроля за коррозионным состоянием.</p> <p>Снижение ЧФ</p> <p>Разработка системы по повышению ответственности персонала в рамках безопасности производственных процессов (поощрение и наказание).</p> <p>Ужесточение профессиональных требований при проведении отбора работников для выполнения работ на объектах ГРС.</p>	<p>защитных устройств.</p> <p>Снижение ЧФ</p> <p>Проведение учебно-тренировочного обучения с психоэмоциональной нагрузкой.</p>
-----	-----------------------------	--	---

ГЛАВА 4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Одним из направлений государственной политики в области охраны труда является сохранение жизни и здоровья работника. Безопасность работника в условиях любого современного производства обеспечивается правовой, социально-экономической, организационно-технической, санитарно-гигиенической, лечебно-профилактической защитой.

В данной работе рассматривается котельное хозяйство кабельного предприятия города Томска. Обслуживает данный объект газовая служба предприятия.

Котельное хозяйство включает в себя сеть газопроводов, газораспределительный пункт с регуляторами давления, котельные установки и дополнительное технологическое оборудование. Котельная установка состоит непосредственно из котла, оборудованного горелками, топкой и тягодутьевым устройством, оборудованием для удаления продуктов горения и использования теплоты выходящих газов (воздухоподогреватели, экономайзеры и др.), также включает в себя средства автоматического контроля, регулирования и сигнализации процесса выработки теплоносителя заданных параметров [3].

Необходимо рассмотреть опасные и вредные факторы, которые действуют в рабочей зоне на слесаря по эксплуатации и ремонту котельной; факторы оказывающие негативное влияние на атмосферу; факторы способные привести к развитию чрезвычайной ситуации.

4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства

Согласно гл. 34 ТК РФ работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- режим труда и отдыха в соответствии с трудовым законодательством и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права;

- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя [12].

Нормы безопасности при эксплуатации котельных регулируются следующими документами:

- Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 07.03.2017) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [2].
- ГОСТ Р 12.3.047-98 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля» [8].
- СП 89.13330.2012 Котельные установки [13].
- Приказ от 24 марта 2003 г. № 115 «Об утверждении Правил технической эксплуатации тепловых энергоустановок» [14].

4.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны слесаря по эксплуатации и ремонту газового оборудования

Чтобы обеспечивать надежную работу котельного хозяйства, необходимо осуществлять контроль над режимом ее работы. В случае возникновения отклонений от нормального режима работы нужно принимать меры по возвращении к исходным параметрам.

Обслуживание котельной производится слесарем по эксплуатации и ремонту газового оборудования. Основные обязанности слесаря по эксплуатации и ремонту газового оборудования изложены в Инструкции по охране труда для слесаря по эксплуатации и ремонту газового оборудования (утв. Минтрудом РФ 13 мая 2004 г.), а также в Положении о газовой службе предприятия [15]. К ним относится:

- осмотр и проверка технического состояния газопроводов и газового оборудования котельной;
- соблюдение мер безопасности при обслуживании газопроводов и и газового оборудования котлов, сжигающих газовое топливо;
- своевременное выявление дефектов и неисправностей оборудования;
- контроль над режимом работы оборудования, который осуществляется в течение смены;
- ликвидация аварий и технологических нарушений;
- осуществление оперативного обслуживания оборудования;
- участие в организации безопасного выполнения работ.

4.2. Производственная безопасность

Для идентификации опасных и вредных факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [16].

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для данной производственной среды, представлен в таблице 21.

Таблица 21 – Возможные опасные и вредные факторы действующие на слесарем по эксплуатации и ремонту газового оборудования при обслуживании котельного хозяйства

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Повышенная загазованность воздуха рабочей зоны	ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
Неблагоприятные условия микроклимата	СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
Повышенный уровень шума	ГОСТ 12.1.003-83 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности»
Электроопасность	ГОСТ 12.1.038-82 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов»

4.2.1. Анализ опасных и вредных факторов производственной среды

4.2.1.1. Повышенная загазованность воздуха рабочей зоны

При работе котлов и других тепловых устройств, использующих газообразное, жидкое или твердое топливо в воздухе производственных помещений может возникнуть избыточная концентрация оксида углерода CO - 20 мг/м³ в соответствии с ГН 2.2.5.686-98 - способная привести к отравлениям персонала. Причинами возникновения повышенного содержания оксида углерода в воздухе помещений котельных являются нарушения в работе топливо-сжигающих агрегатов.

Токсическое действие окиси углерода обусловлено образованием карбоксигемоглобина, который не способен к связыванию кислорода, в результате чего наступает кислородное голодание (гипоксия, аноксия). Симптомы острого отравления окисью углерода: головная боль, тошнота, рвота, нарушение цветоощущения, поражение центральной нервной систем (дрожание, клонические и тонические судороги, потеря сознания, кома); нарушение сердечной деятельности, расстройство дыхания, функции почек, эндокринных желез, изменение морфологического состава периферической крови со значительным содержанием карбоксигемоглобина. Температура тела обычно повышается. Возможны последствия, чаще всего связанные с нарушением нервной и психической деятельности. Возможно развитие хронического отравления окисью углерода.

К коллективным средствам защиты от загазованности воздуха являются средства нормализации воздушной среды производственных помещений и рабочих мест. Они включают устройства вентиляции и очистки воздуха; кондиционирования воздуха; автоматического контроля и сигнализации.

Котельные должны быть оснащены средствами индивидуальной защиты, к которым относятся: противогазы, спасательные пояса и веревки к ним, диэлектрические перчатки и галоши.

4.2.1.2. Неблагоприятные условия микроклимата

Причиной повышенной температуры воздуха в газовой котельной является отдача теплоты при горении газа и нагрев котельного оборудования.

Высокая температура воздуха - в котельном зале значение не более 28,3 °С в соответствии с СП 89.13330.2012 - приводит к быстрому утомлению, к перегреванию организма и тепловому удару. Например, температура 50 °С, терпимая 1ч, намного превышает благоприятный уровень температуры для умственной и физической деятельности; при температуре 30 °С ухудшается умственная деятельность, замедляется реакция, появляются ошибки; при температуре 25 °С начинается физическое утомление. Кроме того, высокая температура воздуха нарушает водно-солевой обмен в организме.

Высокая влажность воздуха также вредна для человека, потому что она затрудняет испарение влаги, выделяемой организмом через кожный покров. Это приводит к быстрому утомлению, к перегреву организма и тепловому удару.

Средствами коллективной защиты будут являться средства вентиляции и кондиционирования воздуха.

4.2.1.3. Повышенный уровень шума

Нормативным документом, регламентирующим уровни шума для различных категорий рабочих мест служебных помещений, является ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» [19]. Работа слесаря по эксплуатации и ремонту газового оборудования относится к физической работе, связанная с точностью, сосредоточенностью или периодическим слуховым контролем допустимый эквивалентный уровень шума – 80 дБ).

Средствами коллективной защиты от избыточного шума включают устройства: оградительные; звукоизолирующие, звукопоглощающие; глушители шума; устройства автоматического контроля и сигнализации, дистанционного управления.

4.2.1.4. Электроопасность

В котельной применяют различные электрические установки.

Статистические данные показывают, что 1-3% от всех несчастных случаев приходится на поражения током. Причинами электротравм могут являться:

- случайное прикосновение или приближение к частям под напряжением;
- появления напряжения на металлических конструкциях из-за пробоя;
- ошибочные действия персонала;
- шаговые напряжения.

Для предотвращения поражения током на все электросиловое оборудование в котельной предусмотрено заземление в соответствии с ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление» [21].

Заземлители применяются искусственные в виде труб диаметром 30 мм и длиной 3 м. Защитному заземлению подлежат металлические токоведущие части электрооборудования, которые могут из-за неисправности изоляции оказаться под напряжением и к которым возможно прикосновение людей.

Защитное зануление предусмотрено на нулевом проводе питающей сети электрооборудования и других металлических конструктивных частей корпусов, которые нормально не находятся под напряжением, но вследствие повреждения изоляции могут оказаться под напряжением.

В качестве защиты от перегрузки используются плавкие предохранители.

Средства коллективной защиты включают оградительные, автоматического контроля и сигнализации; изолирующие устройства и покрытия; устройства защитного заземления и зануления; устройства автоматического отключения.

Средства индивидуальной защиты: специальная одежда и обувь, диэлектрические коврики.

Одним из мероприятий является инструктаж работников по технике безопасности, а также получение наряд-допуска перед проведением различных видов работ.

4.2.2. Анализ опасных факторов

Опасные факторы, присутствующие на месте работы слесаря по эксплуатации и ремонту газового оборудования котла делятся на механические, пожаровзрывоопасные и поражение электрическим током. Одним из необходимых мероприятий является инструктаж работников.

Механические опасные факторы:

- движущие, вращающиеся, разлетающиеся предметы (части станков, обрабатываемые детали, заготовки, стружка, инструмент, части абразивных кругов и др.);
- падающие, перемещаемые предметы и грузы;
- высокое давление воды, водяного пара

Средства коллективной защиты включают в себя устройства: оградительные, автоматического контроля и сигнализации; предохранительные; дистанционного управления; тормозные; знаки безопасности.

Средства индивидуальной защиты: средства защиты головы (каска, шлемы и т. д.), одежда специальная защитная (тулупы, пальто и т. д.); средства защиты рук (рукавицы, перчатки и т. д.); средства защиты ног (сапоги, ботинки и т. д.); средства защиты глаз и лица (защитные очки, щитки лицевые и т. д.)

Пожаровзрывоопасные факторы:

- взрыв котла с вероятностью пожара (из-за перегрева и избыточного давления, отказа структурных компонентов вследствие усталости металла и др.);
- травмы, вызванные действием взрывной волны, летящими осколками, пламенем, паром и др.;
- возгорание и взрыв топлива (в частности, вследствие утечки топлива); возгорание ветоши, пропитанной топливом; взрывы газо-воздушных смесей внутри котла.

Средства коллективной защиты: автоматического контроля и сигнализации, предохранительные, дистанционного управления.

4.2.3. Обоснование мероприятий по защите работника от действия опасных и вредных факторов

Слесарь по эксплуатации и ремонту газового оборудования должен работать в спецодежде и применять средства защиты, выдаваемые в соответствии с действующими отраслевыми нормами.

Слесарю по эксплуатации и ремонту газового оборудования бесплатно выдаются согласно отраслевым нормам следующие средства индивидуальной защиты:

- полукомбинезон хлопчатобумажный – на 1 год;
- каска защитная – на 2 года;
- рукавицы комбинированные – на 3 месяца;
- галоши диэлектрические – дежурные;
- перчатки диэлектрические – дежурные.

При выдаче двойного сменного комплекта спецодежды срок носки удваивается. В зависимости от характера работ и условий их производства слесарю бесплатно временно выдается дополнительная спецодежда и защитные средства для этих условий.

4.3. Экологическая безопасность

4.3.1. Анализ возможного влияния котельного хозяйства на окружающую среду

Газовая котельная по признаку использования, хранения горючих веществ является опасным производственным объектом (ОПО), согласно 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [2].

Основными загрязняющими веществами являются метан и одорант, имеющий резкий запах. При сжигании природного газа в атмосферу будут выделяться продукты сгорания газа – окись углерода, диоксид и оксид азота и бензапирен.

4.3.2. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» предполагается устройство санитарно-защитной зоны (СЗЗ) не менее 50 м [22].

Согласно ст. 19 Федерального закона «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 27.12.2019) нормирование в области охраны окружающей среды заключается в установлении нормативов качества окружающей среды, нормативов допустимого воздействия на окружающую среду при ведении хозяйственной и иной деятельности, и осуществляется в целях государственного регулирования этого воздействия, гарантирующего сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности [23].

По своему назначению нормирование в области охраны окружающей среды служит инструментом управления хозяйственной и иной деятельности для обеспечения экологической безопасности на основе современных достижений науки и техники с учетом международных правил и стандартов.

Законодательно установлены две группы нормативов:

- нормативы качества окружающей среды;
- нормативы допустимого воздействия на окружающую среду при осуществлении хозяйственной и иной деятельности.

При техническом обслуживании и ремонте котельного хозяйства следует выполнять мероприятия по:

- соблюдению требований стандартов и санитарных норм в области;
- поддержанию систем очистки в работоспособном состоянии;
- соблюдению требований экологической безопасности и рационального природопользования.

На территории котельного хозяйства должен проводиться производственный экологический контроль.

4.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать газовое хозяйство

Чрезвычайная ситуация – это обстановка, сложившаяся на определенной территории или акватории в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которая может повлечь или

повлекла за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Основной причиной ЧС в газовых котельных является разгерметизация газопровода в результате механических повреждений; отказов запорной, регулирующей и предохранительной арматуры; дефектов сварных и фланцевых соединений; коррозия, усталость металла.

Рассмотрим два сценария развития аварии газовой котельной – пожар и взрыв ГВС в помещении котельной и приведем порядок действий персонала.

Причины данной аварии – разрыв сварного стыка, свищ в газопроводе, утечка природного газа из фланцевых и резьбовых соединений и появление искры.

4.4.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

По пожарной и взрывопожарной опасности помещения производственного и складского назначения независимо от их функционального назначения подразделяются на следующие категории:

- 1) повышенная взрывопожароопасность (А);
- 2) взрывопожароопасность (Б);
- 3) пожароопасность (В1 - В4);
- 4) умеренная пожароопасность (Г);
- 5) пониженная пожароопасность (Д) [24].

Рассмотрим последовательность проведения работ по локализации и ликвидации аварии газовой котельной приведенных в предыдущем пункте.

Пожар в котельной

Возможные последствия – возможные ожоги обслуживающего персонала.

Действия слесаря по эксплуатации и ремонту газового оборудования

1. Перекрыть подачу газа к котлам с помощью ПКН в ГРУ.
2. Закрывать запорные устройства котлов, открыть краны на свечах безопасности и на продувочной свече.

3. Закрывать газовую задвижку №1 на вводе и все последующие газовые задвижки.

4. Вызвать пожарную команду по тел.01, вызвать ответственное лицо. Приступить к ликвидации пожара имеющимися средствами пожарной защиты.

Действия ответственного лица

1. Принять участие в тушении пожара.
2. Оказать обслуживающему персоналу первую помощь, при надобности вызвать скорую помощь по тел.03.
3. После устранения последствий пожара вызвать представителей газового участка для пуска и розжига котлов.

Произошел взрыв газовоздушной смеси в котельной

Действия слесаря по эксплуатации и ремонту газового оборудования

1. Полностью отключить котельную от газоснабжения по Правилам аварийной остановки котельной.

2. Вызвать ответственное лицо, сообщить АДС газового участка по тел. 04.

Действия ответственного лица

1. Обеспечить безопасность обслуживающего персонала, в случае необходимости оказать первую помощь пострадавшим и вызвать скорую помощь по тел. - 03.

2. Сохранить обстановку и оборудование (котлы, горелки, газопровод) в том состоянии, которое оказалось после аварии, если такое состояние не угрожает жизни окружающих людей.

3. Не допускать посторонних лиц в котельную.

4. Организовать работы по устранению последствий аварии после расследования причин аварии.

Комплекс мероприятий по пожарной безопасности

В целях обеспечения требований пожарной безопасности необходимо обучение работников мерам пожарной безопасности (прохождение противопожарного инструктажа и освоение пожарно-технического минимума), оформление наряда-допуска для проведения определенных видов работ, а также оснащение помещений первичными средствами пожаротушения.

Инструктажи подразделяются на вводный, первичный на рабочем месте, повторный, внеплановый, целевой.

Пожарно-технический минимум (ПТМ) – это минимально необходимый уровень знаний требований пожарной безопасности. Пожарно-технический минимум проводится с целью доведения до сведения руководителей и главных специалистов предприятия, лиц, ответственных за пожарную безопасность подразделений организации, а также занятых выполнением работ повышенной пожарной опасности (электрики, сварщики, работники складского хозяйства, строители, работники других профессий, к которым предъявляются дополнительные требования по безопасности труда), и проверки знания ими основных положений действующих нормативных технических документов в области пожарной безопасности.

Наряд-допуск – документ содержащий задание на выполнение работ, оформленный на бланке установленной формы и определяющий состав, место, время начала и окончания, условия безопасного проведения, состав бригады и исполнителей, ответственных за безопасное выполнение работ. Газоопасные работы являются одним из видов работ с повышенной опасностью для проведения которых необходимо оформление соответствующего документа.

Первичные средства пожаротушения предназначены для использования работниками организаций, личным составом подразделений пожарной охраны и иными лицами в целях борьбы с пожарами и подразделяются на следующие типы:

- переносные и передвижные огнетушители;
- пожарные краны и средства обеспечения их использования;
- пожарный инвентарь;
- покрывала для изоляции очага возгорания;
- генераторные огнетушители аэрозольные переносные [24].

Техническое оснащение газовой службы предприятия включает в себя такие материалы как песок, асбест, паронит и огнетушители.

Огнетушители переносные углекислотные (ОУ) используются для тушения пожаров горючих жидкостей (мазутное топливо) (пожар класса В); пожаров газообразных веществ (пожар класса С), а также пожаров электрооборудования, находящегося под напряжением не более 1000В (пожар класса Е).

Огнетушители порошковые закачные (ОП) используются (в зависимости от вида заряженного порошка) для ликвидации пожаров горючих жидкостей (пожар класса В); пожаров газообразных веществ (пожар класса С), а также пожаров электрооборудования, находящегося под напряжением не более 1000В (пожар класса Е).

Целью раздела «Социальная ответственность» было рассмотрение характеристики объекта исследования и области его применения, и различных факторов, влияющих на рабочих, и окружающую среду.

В разделе производственная безопасность проведён анализ опасных и вредных факторов, оказывающих негативное действие на слесаря по эксплуатации и ремонту газового оборудования и представлены меры по снижению влияющих вредных факторов.

В разделе экологическая безопасность произведён анализ воздействия объекта на атмосферу, литосферу и гидросферу и разработаны решения по обеспечению экологической безопасности.

В разделе безопасность в ЧС представлен перечень возможных ЧС на объекте, выбрана наиболее типичная ЧС для объекта, которой является разгерметизация газопровода и как следствие выброс природного газа. Проведены разработки по превентивным мерам предупреждения ЧС, рассмотрены последовательности действия по локализации и ликвидации аварий: пожара и взрыва газовойоздушной смеси.

ГЛАВА 5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ, РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В настоящее время эффективная разработка мероприятий по предупреждению аварийных ситуаций на объекте энергетики играет огромную роль. Своевременное предупреждение аварий и осуществление контроля на предприятиях позволяет избежать негативных последствий.

Суть бакалаврской работы по теме: «Разработка мероприятий по повышению безопасности котельного хозяйства» заключается в разработке и усовершенствовании организационных мероприятий по обеспечению безопасности персонала объекта и населения сопредельных территорий, исходя из изучения причин и факторов, способствующих возникновению аварий на котельном хозяйстве кабельного предприятия находящегося на территории города Томска.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является разработка и усовершенствование мероприятий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Задачами, обеспечивающими реализацию поставленной цели, являются: выполнение анализа конкурентных технических решений, составление структуры работ в рамках научного исследования, определения трудоемкости выполнения работ, разработку графика проведения научного исследования, составление бюджета НИИ (материальные затраты, основная заработная плата, дополнительная заработная плата, накладные расходы и т.д.), а также определение социальной и экономической эффективности исследования.

5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

С экономической точки зрения не всегда выгодно проводить мероприятия по предупреждению аварийных ситуаций, гораздо дешевле ликвидировать последствия уже произошедших аварий.

На сегодняшний день потенциальными потребителями услуг в сфере разработка мероприятий по предупреждению аварийных ситуаций выступают заводы, организации (юридические лица).

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и произвести его сегментирование.

Сегментирование рынка услуг по использованию методики оценки рисков можно выполнить по следующим критериям: размер объекта электроэнергетики – мероприятие по повышению безопасности (табл. 22).

Таблица 22 – Карта сегментирования рынка услуг

Мероприятие	Размер предприятия		
	Крупное	Среднее	Мелкое
Модернизация контроля технологических процессов	1,2,3	1,2,3	1,2,3
Совершенствование контроля состояния технологического оборудования	1,2,3	1,2,3	1,2,3
Выбор и совершенствование средств автоматического отключения	1,2,3	1,2,3	1,2,3

1 – производственные котельные, 2 – энергетические котельные, 3 – котельные жилищно-коммунального хозяйства.

Стоит отметить, что привлекательной в будущем остаётся ниша энергетических предприятий, которая будет обслуживать крупные организаций.

5.1.2. Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

На рынке существует две конкурирующие системы обеспечения безопасности – это уже существующая и усовершенствованная системы. Усовершенствование систем достигается посредством внедрения инженерно-технических и организационных мероприятий.

В таблице 23 представлена оценочная карта для сравнения конкурентных решений.

Таблица 23 – Оценочная карта для сравнения конкурентных решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _{инж.}	Б _{орг.}	К _{инж.}	К _{орг.}
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Эффективность	0,16	5	4	0,8	0,64
Надежность	0,12	5	3	0,6	0,36
Безопасность	0,13	4	4	0,52	0,52
Использование недочетов, возникающих в процессе работы	0,17	5	4	0,85	0,68
Простота внедрения мероприятий	0,15	2	4	0,3	0,6
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности					
Конкурентоспособность	0,15	4	3	0,6	0,45
Цена	0,12	4	5	0,48	0,6
Итого	1	29	27	4,15	3,85

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_i$$

где K – конкурентоспособность вида;

B_i – вес критерия (в долях единицы);

B_i – балл каждого вида мероприятий (по пятибалльной шкале).

Опираясь на полученные результаты, можно сделать вывод, что наиболее конкурентоспособным решением является внедрение инженерно-технических мероприятий, так как оно позволит устранить уязвимые места в рамках безопасности технологических процессов газового хозяйства предприятия.

5.1.3. Технология QUAD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой

разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. По своему содержанию данный инструмент близок к методике оценки конкурентных технических решений.

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1 (таблица 24).

Таблица 24 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Удобство в эксплуатации	0,18	90	100	0,9	0,162
2. Простота внедрения мероприятий	0,17	70	100	0,7	0,119
3. Функциональная мощность	0,12	70	100	0,7	0,084
4. Безопасность	0,15	90	100	0,9	0,072
5. Специальное оборудование	0,11	80	100	0,8	0,088
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
1. Цена	0,12	80	100	0,8	0,096
2. Конкурентоспособность продукта	0,15	80	100	0,8	0,12
Итого	1				0,741

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя P_{cp} получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то

перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

По результатам оценки качества и перспективности делается вывод об объемах инвестирования в текущую разработку и направлениях ее дальнейшего улучшения. В данной работе средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки получилось 74,1, что говорит о перспективности.

5.1.4. Swot-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Для того что бы найти сильные и слабые стороны, вероятностного метода и методов-конкурентов проведем SWOT-анализ. (табл. 25)

Таблица 25 – Матрица SWOT

	Сильные стороны С1. Высокий уровень проникновения на рынок С2. Функциональная мощность С3. Предъявленная безопасность и надежность С4. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями С5. Экологичность технологии	Слабые стороны Сл1. Недостаток средств финансирования Сл2. Низкий уровень послепродажного обслуживания Сл3. Низкая квалификация у потенциальных потребителей Сл4. Отсутствие системы мотивации персонала Сл5. Недостатки рекламной политики
Возможности: В1. Разорение и уход предприятий-конкурентов В2. Выход на новые сегменты рынка В3. Внедрение инноваций В4. Повышение стоимости конкурентных разработок В5. Расширение спектра услуг	Высокий уровень проникновения на рынок, функциональная мощность и более низкая стоимость производства даст возможность в будущем вытеснить конкурентов. Из-за приемлемых цен мы сможем выйти на новые сегменты рынка.	Внедрение инноваций в разработки, а также расширение спектра услуг в дальнейшем даст возможность получить большую прибыль и устранить недостаток средств финансирования.

Продолжение таблицы 25

<p>Угрозы: У1. Появление новых конкурентов У2. Отсутствие спроса на новые технологии У3. Задержка финансирования разработки У4. Выход на рынок иностранных компаний У5. Высокий уровень налогов на предоставляемые услуги</p>	<p>Удержание высоких позиций на рынке и функциональная мощность позволит погасить конкурентов, а низкая стоимость и экологичность разработок превысит запросы в иностранных компаний.</p>	<p>С помощью повышения послепродажного обслуживания пытаться завоевать доверие потребителей, тем самым повысить спрос на новые технологии.</p>
---	---	--

5.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объектов исследования.

Для разработки комплекса инженерно-технических мероприятий по повышению безопасности необходимо предварительно идентифицировать возникающие опасности и проанализировать дальнейшие негативные последствия.

Основные задачи этапа идентификации опасностей – выявление и четкое описание всех источников опасностей и путей (сценариев их реализации).

Для этого рассмотрим объект исследования при помощи морфологического подхода.

Таблица 26 – Морфологическая матрица причин реализации ЧС котельного хозяйства

	1	2	3
А. Отказы в работе оборудования	Обеспечение изоляции трубопроводов и соединений	Реализация программ профилактического обслуживания оборудования и измерительных приборов	Недопущение коррозии и усталости металла
Б. Ошибки персонала	Обучение работников	Строгий контроль при проведении работ	Соблюдение требований безопасности при проведении работ
В. Внешние воздействия	Использование системы молниезащиты	Использование системы искрозащиты	Организация пропускного режима на предприятии

Варианты решения задачи следующие: 1) А1Б3В2 – обеспечить изоляцию трубопроводов и соединений, соблюдать требования безопасности при проведении работ, использовать систему искрозащиты; 2) А2Б1В3 – реализовывать программ профилактического обслуживания оборудования и измерительных приборов, обучать работников, организовать пропускной режим на предприятии; 3) А3Б2В1 – следует не допускать коррозии и усталости металла, осуществлять строгий контроль при проведении работ, использовать систему молниезащиты.

5.3. Планирование научно-исследовательских работ

5.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в следующем порядке:

1. Определение структуры работ в рамках научного исследования.
2. Определение участников каждой работы.
3. Установление продолжительности работ.
4. Построение графика проведения научных исследований.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение

исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 27.

Таблица 27 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Выбор темы выпускной квалификационной работы	Руководитель
	2	Составление календарного плана написания выпускной квалификационной работы	Руководитель, студент
Теоретическая подготовка	3	Подбор литературы для написания выпускной квалификационной работы	Руководитель, студент
	4	Изучение, анализ, систематизация информации для выполнения выпускной квалификационной работы	Студент
	5	Написание теоретической части выпускной квалификационной работы	Студент
Проведение расчетов и их анализ	6	Подведение промежуточных итогов выпускной квалификационной работы	Руководитель, студент
	7	Выполнение практической части выпускной квалификационной работы	Студент
	8	Анализ полученных результатов	Студент
Обобщение и оценка результатов	9	Подведение итогов выпускной квалификационной работы	Руководитель, студент
	10	Согласование и проверка работ с научным руководителем	Руководитель, студент

Таким образом, выделили основные этапы работ и их содержание, а также исполнителей, выполняющие данные работы.

5.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоёмкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож\ i}$ используется следующая формула:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5}$$

где $t_{ож\ i}$ –ожидаемая трудоемкость выполнения i-ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяем продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож i}}{Ч_i}$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ож i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

5.3.3. Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Коэффициент календарности в 2020 году составил:

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 118} = 1,48$$

Для определения календарных дней выполнения работы необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \times k_{\text{кал}}$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Таблица 28 – Временные показатели проведения научного исследования

Название Работы	Трудоемкость работ						Исполнители	Длитель- ность работ в рабочих днях T_{pi}		Длитель- ность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож\ i}$, чел-дни							
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2						Исп.1
Выбор темы выпускной квалификационной работы	1	1	3	12	2	2	Руководитель		2	2	2	2
Составление календарного плана написания выпускной квалификационной работы	2	2	3	10	3	3	Руководитель, студент		1	1	1	1
Подбор литературы для написания выпускной квалификационной работы	7	6	4	16	10	8	Руководитель, студент		5	4	7	6
Изучение, анализ, систематизация информации для выполнения выпускной квалификационной работы	10	10	4	16	12	12	Студент		12	12	18	18
Написание теоретической части выпускной квалификационной работы	13	13	14	17	15	15	Студент		15	15	22	22
Подведение промежуточных итогов выпускной квалификационной работы	6	5	12	17	8	7	Руководитель, студент		4	3	6	4
Выполнение практической части выпускной квалификационной работы	9	9	15	5	12	12	Студент		12	12	18	18
Анализ полученных результатов	14	14	15	3	15	15	Студент		15	15	22	22
Подведение итогов выпускной квалификационной работы	2	1	19	10	3	2	Руководитель, студент		2	1	3	1
Согласование и проверка работ с научным руководителем	2	2	19	10	5	5	Руководитель, студент		2	2	3	3

Таблица 29 – Календарный план-график проведения ВКР по теме

№	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал.дни	Продолжительность работ												
				Февраль		Март			Апрель			Май			Июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Выбор темы выпускной квалификационной работы	Руководитель	2													
2	Составление календарного плана написания выпускной квалификационной работы	Руководитель, студент	1													
3	Подбор литературы для написания выпускной квалификационной работы	Руководитель, студент	7													
4	Изучение, анализ, систематизация информации для выполнения выпускной квалификационной работы	Студент	18													
5	Написание теоретической части выпускной квалификационной работы	Студент	22													
6	Подведение промежуточных итогов выпускной квалификационной работы	Руководитель, студент	6													
7	Выполнение практической части выпускной квалификационной работы	Студент	18													
8	Анализ полученных результатов	Студент	22													
9	Подведение итогов выпускной квалификационной работы	Руководитель, студент	3													
10	Согласование и проверка работ с научным руководителем	Руководитель, студент	3													
	– Научный руководитель	– Студент														

5.3.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

5.3.4.1. Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта, включая расходы на их приобретение и при необходимости – доставку.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_m = \sum_{i=1}^m Ц_i \times N_{расхi}$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, m^2 и т.д.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./ m^2 и т.д.).

Таблица 30 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед., руб		Затраты на материалы, Зм, руб	
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2
Бумага А4 80г/м ² , 500л.	шт.	2	2	250	300	500	600
USB Flash накопитель 2ГБ	шт.	1	1	500	600	500	600
Картридж	шт.	1	1	700	700	700	700
Шариковая ручка	шт.	2	1	20	20	40	20
Карандаш	шт.	1	1	10	10	10	10
Блокнот	шт.	1	0	50	0	50	0
Итого						1800	1930

5.3.4.2. Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20-30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы приводится в таблице 30.

Таблица 31 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо- емкость, чел.- дн.		Заработная плата, прихо- дящаяся на один чел.-дн.,		Всего зара- ботная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.	
			Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
1.	Выбор темы ВКР	Руководитель	2		5		5	
2.	Составление календарного плана написания ВКР	Руководитель, студент	1		2,6		2,6	
3.	Подбор литературы для написания ВКР	Руководитель, студент	5	4	2,6		13	10,4
4.	Изучение, анализ, систематизация информации для выполнения ВКР	Студент	12		0,1		1,2	
5.	Написание теоретической части ВКР	Студент	15		0,1		1,5	
6.	Подведение промежуточных итогов ВКР	Руководитель, студент	4	3	2,6		10,4	7,8
7.	Выполнение практической части ВКР	Студент	12		0,1		1,2	
8.	Анализ полученных результатов	Студент	15		0,1		1,5	
9.	Подведение итогов ВКР	Руководитель, студент	2	1	2,6		5,2	2,6
10.	Согласование и проверка работ с научным руководителем	Руководитель, студент	2		2,6		5,2	
ИТОГО							48,2	40,3

Заработная плата научного руководителя и студента включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (15% от $З_{осн}$)

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) научного руководителя и студента рассчитана по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \times T_{\text{р}}$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \times M}{F_{\text{д}}}$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \times (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \times k_{\text{р}}$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 для г. Томска.

Месячный должностной оклад руководителя темы, руб.:

$$Z_{\text{м}} = 30000 \times (1 + 0,3 + 0,3) \times 1,3 = 62400 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад студента, руб.:

$$Z_{\text{м}} = 1988 \times (1 + 0 + 0) \times 1,3 = 2584,4 \text{ руб.}$$

Таблица 32 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель темы	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	65	65
- праздничные дни	15	15
Потери рабочего времени		
- отпуск	28	0
- невыходы по болезни	0	5
Действительный годовой фонд рабочего времени	190	200

Среднедневная заработная плата научного руководителя, руб.:

$$З_{\text{дн}} = \frac{62400 \times 10,4}{257} = 2525,14 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата студента, руб.:

$$З_{\text{дн}} = \frac{2584,4 \times 11,2}{252} = 114,86 \text{ руб.}$$

Рассчитаем рабочее время:

Руководитель: $T_p = 16$ раб. дней

Студент: $T_p = 68$ раб. дней

Основная заработная плата научного руководителя составила:

$$З_{\text{осн}} = 2525,14 \times 16 = 40402,24 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата студента составила:

$$З_{\text{осн}} = 114,86 \times 68 = 7810,48 \text{ руб.}$$

Таблица 33 – Расчет основной заработной платы научного руководителя и студента

Исполнители	$З_{\text{ТС}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб.	$З_{\text{дн}}$, руб.	T_p , раб.дней	$З_{\text{осн}}$, руб.
Научный руководитель	30000	0,3	0,3	1,3	62400	2525,14	16	40402,24
Студент	1988	0	0	1,3	2584,4	114,86	68	7810,48
Итого $З_{\text{осн}}$, руб.								48212,72

5.3.4.3. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \times З_{\text{осн}}$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, принимается равным 0,12;

$З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

5.3.4.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \times (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}})$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования).

Таблица 34 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.		Дополнительная заработная плата, руб.	
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Руководитель проекта	40402,24	32826,82	4848,27	3939,22
Студент-дипломник	7810,48	7465,9	937,26	895,91
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,28			
Итого				
Исполнение 1	15119,51 руб.			
Исполнение 2	12635,79 руб.			

5.3.4.5. Накладные расходы

$$З_{\text{накл}} = (З_{\text{м}} + З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} + З_{\text{внеб}}) \times k_{\text{нр}}$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Накладные расходы составили:

$$З_{\text{накл}}^{\text{исп1}} = [1800 + (40402,24 + 7810,48) + (4848,27 + 937,26) + 15119,51] \times 0,16 = 11346,9 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{накл}}^{\text{исп2}} = [1930 + (32826,82 + 7465,9) + (3939,22 + 895,91) + 12635,79] \times 0,16 = 9550,98 \text{ руб.}$$

5.3.4.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 35 – Расчет бюджета затрат ВКР

Наименование статьи	Сумма, руб.	
	Исп.1	Исп.2
1. Материальные затраты НТИ	1800	1930
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	48212,72	40212,72
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	5785,53	4835,13
4. Отчисления на социальные нужды	15119,51	12635,79
5. Накладные расходы	11346,9	9550,98
6. Бюджет затрат НТИ	82264,66	69164,62

5.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования определяется как:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где $I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп1}} = \frac{82264,6}{82264,6} = 1; I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}} = \frac{69164,62}{82264,66} = 0,84;$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \times b_i$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Таблица 37 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	4
3. Помехоустойчивость	0,15	5	3
4. Энергосбережение	0,2	4	4
5. Надежность	0,25	5	3
6. Материалоемкость	0,15	4	5
Итого	1	4,65	3,65

$$I_{p-исп1} = 0,1 \times 5 + 0,15 \times 5 + 0,15 \times 5 + 0,2 \times 4 + 0,25 \times 5 + 0,15 \times 4 = 4,65;$$

$$I_{p-исп2} = 0,1 \times 3 + 0,15 \times 4 + 0,15 \times 3 + 0,2 \times 4 + 0,25 \times 3 + 0,15 \times 5 = 4,39$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{фин.р}} = \frac{4,65}{1} = 4,65; I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{фин.р}} = \frac{3,65}{0,84} = 4,34.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп2}}}{I_{\text{исп1}}}$$

Таблица 38 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,84
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	3,65
3	Интегральный показатель эффективности	4,65	4,34
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,93

В ходе оценки бюджета затрат двух вариантов исполнения научного исследования и определения интегрального финансового показателя, показателя ресурсоэффективности можно сделать вывод, что рассчитанные финансовые показатели вариантов исполнения и сравнительная эффективность разработки показали самый эффективный проект (вариант исполнения 1).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе представленной работы было изучено котельное хозяйство – ОПО предприятия по производству кабельной продукции, а также основные технологические процессы, особенности его работы, типичные аварийные ситуации.

Цель была достигнута при помощи выполнения следующих задач:

1. Изучив нормативно-правовое регулирование в области промышленной безопасности, было выявлено, что реализуемые мероприятия имеют сложный структурный характер и направлены как на предотвращение возникновения аварийных ситуаций, так и на снижение тяжести последствий при их реализации.
2. Проведенный анализ опасностей котельного хозяйства предприятия показал, что в большей степени представляет опасность разгерметизация трубопроводов, в силу выброса отравляющих веществ с дальнейшим формированием полей поражающих факторов. Наиболее вероятными причинами разгерметизации являются ошибочные действия персонала, отказы технических устройств и внешние воздействия.
3. При расчете последствий аварийных ситуаций было выявлено, что в зону действия поражающих факторов попадает и персонал котельной, и здания и сооружения, а также технологическое оборудование. При реализации выбранных сценариев С-1 и С-6 возможное число пострадавших составит 3 и 5 человек, соответственно, будут получены повреждения легкой и средней степени тяжести, вследствие воздействия ударной волны и теплового излучения, безопасные расстояния составят порядка 45 метров. Здание котельной попадет в зону малых разрушений, технологическое оборудование – средних.
4. Расчет риска показал, что уровень риска возникновения аварийной ситуации в котельном хозяйстве «средний», поэтому целесообразным является разработка и проведение дополнительных мероприятий по повышению

безопасности, направленных на снижение вероятности возникновения аварийных ситуаций и тяжести их последствий. Реализация соответствующих мероприятий организационного и технического характера, а также мероприятий, направленных на снижение влияния человеческого фактора, повысит уровень безопасности объекта, а также снизит риск возникновения подобных аварий.

Именно поэтому для предотвращения возникновения и снижения негативных последствий особое внимание следует уделять своевременной модернизации и замене морально устаревшего оборудования, средств контроля, а также процессам совершенствования методик работы с персоналом, ведь по статистике 83% аварий на опасных производственных объектах происходит из-за халатности и нарушений правил безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сайт Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) хозяйства [Электронный ресурс] : URL: <http://www.gosnadzor.ru/>. Дата обращения: 05.06.2020 г.
2. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 N 116-ФЗ
3. Столпнер Е.Б. Справочное пособие для персонала газовых котельных/ Е.Б. Столпнер, З.Ф. Панюшева. Л: Недра – 1990. – 197 с.
4. Boiler Safety Compliance [Electronic resource] / URL: <https://ru.scribd.com/document/426755836/Chapter-18-Boiler-Safety-Compliance>, свободный, - Загл. с экрана. – Яз. англ. Дата обращения: 18.12.2019 г.
5. Кязимов К.Г. Профессиональное обучение персонала газового хозяйства практическое пособие/ Кязимов К.Г. – Саратов: Вузовское образование, 2018. – 369 с.
6. ГОСТ 5542-87 Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения.
7. Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных газов» (утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17 сентября 2015 г. N 365).
8. ГОСТ Р 12.3.047-2012 «ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля».
9. Руководства по безопасности «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей».
10. ГОСТ Р 51901.23-2012 «Менеджмент риска. Реестр риска. Руководство по оценке риска опасных событий для включения в реестр риска».
11. Алюшин М.В. Снижение риска возникновения и уменьшения человеческого фактора надежность и безаварийность работы АЭС и других

- опасных объектов [Текст] / М.В. Алюшин // Глобальная ядерная безопасность: сб. статей – Москва, 2018. – С. 111-118.
12. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019).
 13. СП 89.13330.2012 Котельные установки.
 14. Приказ от 24 марта 2003 г. № 115 «Об утверждении Правил технической эксплуатации тепловых энергоустановок».
 15. Инструкция по охране труда для слесаря по эксплуатации и ремонту газового оборудования (утв. Минтрудом РФ 13 мая 2004 г.).
 16. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
 17. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
 18. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
 19. ГОСТ 12.1.003-83 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности»
 20. ГОСТ 12.1.038-82 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов»
 21. ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
 22. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».
 23. Федеральный закон №7 «Об охране окружающей среды» (ред. 27.12.2019).
 24. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (ред. от 27.12.2018).
 25. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности сетей газораспределения и газопотребления»

26. Тарасюк В. Эксплуатация котлов: практическое пособие для оператора котельной. М: Litres, 2017. – 257 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Последствия	Объект воздействия опасного события					
	Люди	Экология	Экономика	Управление организацией	Социальная среда	Инфраструктура
Катастрофические	Массовые случаи гибели людей (одного на десять тысяч), здоровье человека не справляется с нагрузками, необходимость эвакуации людей, не способных передвигаться самостоятельно	Массовое нанесение вреда и/или нарушение функционирования экосистемы, катастрофическое воздействие на растительный и животный мир или ландшафт, наносящее серьезные необратимые повреждения экосистеме	Невыполнимые финансовые потери, нанесение ущерба производству и потере активов, приводящие к банкротству организации и увольнению всего персонала	Руководство не способно управлять организацией, массовые волнения со стороны персонала. Распоряжения руководства не выполняются или неэффективны, неподконтрольное и широкое освещение событий в СМИ	Отсутствует необходимое социальное обслуживание, масштабные потери объектов социально-культурного назначения, разрушительное эмоционально-психологическое воздействие на персонал и всех вовлеченных людей	В течение продолжительного времени нарушение работоспособного состояния критической инфраструктуры и коммунальных услуг, которое приводит к длительным сбоям в работе организации, а также предъявлению серьезных претензий к работе организации со стороны причастных сторон
Значительные	Множественные случаи гибели людей (одного на сто тысяч), здоровье человека подвергается постоянному стрессу, часто необходима эвакуация людей (больше чем на 24 часа)	Серьезное повреждение или нарушение функционирования экосистемы, воздействие на растительный и животный мир или ландшафт, которое в будущем может вызвать серьезное повреждение экосистемы	Значительные финансовые потери, необходимость кардинального пересмотра стратегии организации, возмещение ущерба; нанесение ущерба производству, которое приводит к банкротству по нескольким направлениям деятельности и значительным увольнениям персонала	Руководство в значительной мере не выполняет управления критически важными направлениями деятельности, полная потеря доверия высшему руководству со стороны персонала, освещение событий региональными СМИ	Снижение уровня социального обслуживания и качества жизни персонала, нанесение существенного ущерба объектам социально-культурного назначения, существенное эмоционально-психологическое воздействие на большие группы людей	В течение продолжительного времени нарушение работоспособного состояния критической инфраструктуры и значительные сбои в обеспечении коммунальными услугами, которые приводят к значительным неудобствам и сбоям в работе персонала, а также предъявлению претензий к работе организации со стороны причастных сторон
Умеренные	Единичные случаи гибели людей (одного на миллион), на здоровье человека оказываются значительная нагрузка, в единичных случаях необходима эвакуация людей (меньше чем на 24 часа)	Единичные случаи существенного воздействия на окружающую среду и потеря функций экосистем, активные действия по восстановлению окружающей среды	Средние финансовые потери, необходимо изменение стратегии организации для возмещения ущерба; нанесение ущерба производству, потери в бизнесе приводят к единичным случаям банкротства по отдельным направлениям деятельности и значительным увольнениям персонала	Руководство осуществляет свою деятельность в аварийном режиме, при этом допускаются значительные отступления от принятой политики организации, выполнение некоторых функций руководства со значительными нарушениями, недоверие высшему руководству со стороны персонала, освещение событий местными и региональными СМИ	Продолжительное снижение уровня социального обслуживания, нанесение ущерба объектам социально-культурного назначения, неблагоприятное эмоционально-психологическое воздействие на группы людей	Временное нарушение работоспособного состояния критической инфраструктуры и серьезные сбои в обеспечении коммунальными услугами, которые приводят к значительным неудобствам и сбоям в работе персонала

Последствия	Объект воздействия опасного события					
	Люди	Экология	Экономика	Управление организацией	Социальная среда	Инфраструктура
Небольшие	Единичные случаи серьезного травмирования людей. Здоровье человека находится в пределах нормы	Единичные случаи нанесения вреда окружающей среде, разовые действия по восстановлению окружающей среды	Небольшие финансовые потери, необходимо использование резервов для возмещения ущерба, потери в бизнесе приводят к единичным увольнениям персонала	Руководство осуществляет свою деятельность в аварийном режиме, выполнение функций руководства персоналом с небольшими нарушениями, единичные случаи недоверия высшему руководству со стороны персонала, небольшое освещение событий местными СМИ	Отдельные, краткосрочные случаи снижения уровня социального обслуживания, небольшой ущерб объектам социально-культурного назначения, который можно устранить с помощью ремонта, небольшое неблагоприятное эмоционально-психологическое воздействие на людей	Единичные случаи нарушения работоспособного состояния инфраструктуры и сбои в обеспечении коммунальными услугами, которые приводят к неудобствам и сбоям в работе персонала
Малозначительные	Незначительные травмы или ситуации, в которых человек может быть травмирован, но по каким-то причинам этого не произошло. В целом негативное воздействие на здоровье человека отсутствует	Небольшие инциденты без последствий для окружающей среды или ситуации, в которых окружающей среде мог быть нанесен ущерб, но по каким-то причинам этого не произошло, не требуются усилия по восстановлению окружающей среды	Незначительные финансовые потери, управление в рамках стандартных финансовых условий, незначительные потери в бизнесе	Руководство осуществляет свою деятельность в штатном режиме, выполнение функций руководства персоналом без нарушений, доверие высшему руководству со стороны персонала, отсутствует внимание СМИ	Несущественное краткосрочное снижение уровня социального обслуживания, отсутствует ущерб объектам социально-культурного назначения, отсутствует неблагоприятное эмоционально-психологическое воздействие на людей	Несущественное краткосрочное нарушение работоспособного состояния инфраструктуры и небольшие сбои в обеспечении коммунальными услугами

Качественная оценка вероятности	Частота появления события	Средний интервал повторения события	Вероятность появления события в течение года
Почти наверняка	Один или несколько раз в год	< 3 года	> 0,3
Очень вероятно	Один раз в десять лет	3-30 лет	0,031-0,3
Возможно	Один раз в сто лет	31-300 лет	0,0031-0,03
Маловероятно	Один раз в тысячу лет	301-3000 лет	0,00031-0,003
Редко	Один раз в десять тысяч лет	3001-30000 лет	0,000031-0,0003
Очень редко	Один раз в сто тысяч лет	30001-300000 лет	0,0000031-0,00003
Почти невозможно	Меньше чем один раз в миллион лет	> 300000 лет	< 0,0000031